FIZICA: ULTIMA FRONTIERĂ

Andrei Dorobanţu

CUPRINS

0. Prefaţă-Introducere 3
1. Întrebări pentru răspunsuri cunoscute 5
1.1. Întrebările 5
1.2. Descoperire şi înţelegere 8
1.3. Ce căutăm? 9
1.4. Modelul Standard 10
1.5. Încotro? 13

2. Înainte şi după Început 15
2.1. Materie.Spaţiu.Timp 17
2.2. Subtilul secret al Naturii 18
2.3. Inflaţia 20
2.4. O altă serie de întrebări 22
2.5. ”Jocuri” cosmice 24
2.6. Se poate fără inflaţie? 26

3. Neutrinii şi Cosmosul 30
3.1. Marile familii 31
3.2. Neutrinii solari 32
3.3. Oscilaţiile. Încălcarea legii. 33
3.4. De ce apar neutrinii în una din întrebările mileniului? 35
3.5. În loc de final 35

4. În câte dimensiuni trăim? În câte lumi? 37
4.1. În câte dimensiuni trăim? 38
4.2. Teorii şi Teoreme 38
4.3. Einstein, unificarea, şi cea de a cincea dimensiune 40
4.4. Alternativa 2001 42
4.5. Câte lumi există? 43
4.6. Zone rezervate 44

5. Cărămizile materiei 45
5.1. Ne întoarcem la Modelul Standard 46
5.2. Aşteptări, dincolo de anul 2010 47
5.3. De ce ar fi protonul instabil? 48

6. Veriga lipsă 49
6.1. Începutul poveştii 50
6.2. Originile 51
6.3. Candidaţii 52
6.4. Instrumentele 53
6.5. Energia întunecată: intuiţia lui Einstein 55
6.6. Cum poate gravitaţia lui Einstein să fie repulsivă? 57
6.7. De ce se grăbeşte Universul? 58
6.8. Supernovele 58

7. Visul neterminat 61
7.1. Triumful unei idei 61
7.2. Singurătatea unei forţe 62
7.3. Natura Spaţiului şi Timpului – Semnăturile Unificării 65
7.4. Gravitaţia cuantică 66
7.5. Începutul? 68

8. Acceleratori în Cosmos 70
8.1. Proiectile din cer 70
8.2. Identificarea 71
8.3 Cum funcţionează acceleratorii cosmici? 72

9. Stări extreme în Univers 73
9.1. Zoologie cosmică 73
9.2. Există limite ale legilor fizice? 75
9.3. Astrofizică în condiţii extreme 76
9.4. Există …mai multe fizici? 77

10. Cum pot fi înţelese materia şi energia? 79
10.1. Mediatorii şi sursele forţelor 79
10.2. Simetriile 81
10.3. Diversele electrodinamici 82
10.4. Energie. Timp. Unificare 84

11. Fierul şi Uraniul 86
11.1. Surprizele începutului 86
11.2. Furnalele cosmice 87
11.3. O alchimie modernă 88

12. Întrebări pentru altădată... 90
12.1. Dincolo de viteza luminii 90
12.2. „Vieţile paralele” ale Universului 94
12.3. Ipoteza extraterestră 95
12.4. Călătoria în timp 97
12.5. Dincolo de viitor 99

0. Prefaţă - Introducere

"Nu am nici o îndoială că în realitate viitorul va fi într-o măsură enormă mai surprinzător decât orice îmi pot imagina. De fapt, bănuiala mea este că universul nu este mai ciudat decât presupunem noi, ci mai ciudat decât putem noi presupune"

J. B. S. Haldane: 'Lumi posibile şi alte lucrări' (1927)

Fizica nu este un sistem politic. Legile sale nu sunt votate şi nici nu au fost propuse sau iniţiate de cineva. Au fost identificate, de multe ori intuite şi ceea ce li s-a dat a fost o anumită formulare. De aceea o lege nouă nu abrogă în mod necesar o lege mai veche. Un nou model nu îl anulează obligatoriu pe cel vechi - de cele mai multe ori îl înglobează în el. Îi acceptă limitele şi le transcende. Prin aceasta, el trece mai departe iar celui vechi i se deschid noi perspective.

În ştiinţă în general -în Fizică în particular- nu există nici conducători de drept, nici ordine care se execută. Există doar mâini care muncesc, minţi care gândesc, inteligenţe care oferă soluţii, modele, teorii. Există, dincolo de orice, oameni care formulează întrebări pentru ca apoi să încerce, ei înşişi sau alţii, să le şi răspundă.

Doar că: într-un fel, cunoaşterea noastră se află sub o interdicţie gödeliană: sunt lucruri pe care **nu avem cum** să le cunoaştem pentru că (sau, dacă preferaţi, atâta timp cât) facem parte din acelaşi sistem, din acelaşi model.

Ani, secole, nopţi şi zile, ore, nenumăraţi oameni, cei mai mulţi dintre ei anonimi, au încercat "să iasă" din sistem. Să se ridice deasupra sa, să se plaseze într-un punct de unde să realizeze - cunoaşterea. Şi după? Uneori au fost dezamăgiţi. Alteori au fost încântaţi de câştigul practic imediat pe care aceasta îl oferea. Uneori au fost intrigaţi - nu era ce se aşteptau ei să fie. Alteori au fost înspăimântaţi, dar era prea târziu să mai dea înapoi.

Secolul 20 a excelat în această privinţă. Descoperirile Fizicii, aduse la nivel uman, au făcut mult bine dar şi rău. Lumea a sperat şi s-a speriat. Dar aceasta este o altă poveste - din totdeauna marea ştiinţă a fost prejudiciată de folosirea sa nepotrivită de persoane şi/sau instituţii ale căror interese erau private şi partizane sau cel puţin paralele. Cunoaşterea -nevoia de a cunoaşte, mai bine zis- nu poate însă decât cu greu să fie oprită. Aşa că secolul a continuat, şi încă într-un mod spectaculos: cel puţin o mare, tulburătoare descoperire în fiecare deceniu. De la Mecanica Cuantică şi cele două Teorii ale Relativităţii până la Fractali şi Haosul determinist. Apoi, după 1985 - nimic. Sfârşitul, sau ...liniştea de dinaintea furtunii. Întrebat într-o emisiune de radio ce va urma, am răspuns aproape pe negândite că eu cred că ceea ce va urma va fi o (poate neaşteptată) apropiere a

Fizicii de subiectele tradiţional rezervate literaturii de anticipaţie - fantaştiinţei, dacă preferaţi. Şi, spre sfârşitul anului 2000, a început nebunia. Primele experimente de depăşirea vitezei luminii, teleportare, îndoirea spaţiu-timpului, căutarea dimensiunilor suplimentare ale Universului, variaţia vitezei luminii în timp... Academia Naţională de Ştiinţe a Statelor Unite desemnează în Decembrie 1999 o comisie alcătuită în special din fizicieni, astronomi şi cosmologi şi o finanţează timp de un an de zile cerându-i ca la epuizarea termenului să formuleze întrebările Fizicii pentru secolul 21. Cu 100 de ani în urmă, celebrul David Hilbert făcuse, din proprie iniţiativă şi neplătit de nimeni, acelaşi lucru pentru matematică. El formulase 23 de întrebări-probleme. Raportul publicat la sfârşitul lui 2000 conţine doar 11 întrebări. Lor le este dedicată această carte. Ca şi întrebările însele, cartea de faţă este o carte deschisă. O carte despre cunoaştere şi neliniştile acesteia. O carte despre pasul următor pe care poate şi probabil că trebuie să-l facă omul pentru a se furişa în spatele vălului, transparent doar pentru ochii care au învăţat să vadă, dincolo de care se află tainele ultime ale universurilor.

Ca şi cea de a doua carte, care sper că îi va urma, ea include în titlu cuvinte devenite simbol dintr-o celebră operă de ficţiune. O mulţumire pentru cei care ne-au dat curajul să gândim puţin mai liberi decât ne-am fi încumetat să o facem fără ei. Chiar şi cei pentru care Fizica este însăşi raţiunea lor de a exista. Şi care ştiu -sau cred- că prin ea şi numai prin ea putem depăşi ultima frontieră.

Nu am intenţionat să scriu o carte de fizică, de aceea nici ordinea subiectelor nu este una care să meargă de la lucruri simple spre lucruri mai complicate, explicând la fiecare pas termenii, fenomenele, ideile. Am introdus totuşi în Glosarul final scurte definiţii/explicaţii ale termenilor tehnici. Am încercat de asemenea să păstrez dimensiunile la un nivel rezonabil, aşa că uneori lucrurile sunt prezentate foarte sumar. Am dat însă în bibliografie câteva texte sau articole fundamentale (pentru unele am dat chiar şi adresele la care pot fi accesate pe Internet) unde să puteţi găsi amănuntele şi aprofundările de care aveţi nevoie. Şi dacă veţi face într-adevăr acest lucru, înseamnă că munca mea a avut un rost.

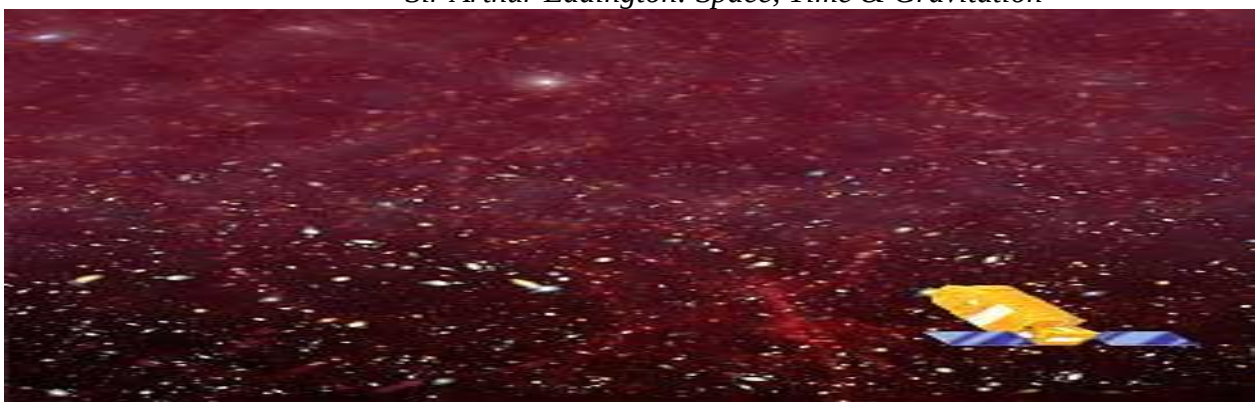
Şi un ultim comentariu înainte de a începe cu adevărat[1]. O prefaţă sau chiar o introducere se scrie uneori înainte de a scrie primul capitol; alteori, unii o scriu după ce au terminat de scris cartea întreagă. Aceasta se întâmplă însă la o carte obişnuită. Prefaţa, cu majusculă, la ceea ce înseamnă Universul de astăzi, a fost scrisă acum mai bine de 15 miliarde de ani. Atunci când veţi ajunge la finalul cărţii de faţă -dacă veţi avea răbdarea să o faceţi- veţi fi în posesia, sper, a câteva răspunsuri în plus şi poate a încă şi mai multe întrebări. Dar ce a fost înainte de ea, de marea Prefaţă a acestei lumi pe care o trăim şi care ne trăieşte pe noi, pe toţi şi pe fiecare din noi, cu timpul şi spaţiul care ne sunt destinate, doar Cel care a scris-o, ne-ar putea spune. Sau poate ne-a şi spus-o şi noi nu am învăţat încă să o descoperim acolo unde este scrisă şi să o descifrăm.

[1] Există câteva explicaţii, uneori simple preizări mai mult sau mai puţin tehnice, pe care am simţit câteodată nevoia să le fac. Acestea sunt cuprinse între linii orizontale şi sunt scrise cu italice şi cu un alt corp de literă - nu le puteţi confunda. Dacă nu vă interesează - treceţi pur şi simplu peste ele.

1. Întrebări Pentru Răspunsuri Cunoscute

...Şi, mai mult, am descoperit că acolo unde ştiinţa a progresat cel mai departe, mintea nu a recâştigat de la natură decât ceea ce mintea a pus în natură...

Sir Arthur Eddington: Space, Time & Gravitation



Aceste vorbe puse de Sir Arthur Eddington foarte aproape de finalul cărţii sale dedicate Teoriei Generale a Relativităţii, preced cu 80 de ani raportul "Connecting Quarks to Cosmos: Eleven Questions for the New Century" prezentat la 8 ianuarie 2001 şi făcut public o zi mai târziu, 9 ianuarie 2001, ora 17.00[i]. Raportul[2] este întocmit de Comitetul pentru Fizica Universului al Academiei Naţionale de Ştiinţe a Statelor Unite, prezidat de cunoscutul cosmolog şi fizician Michael S. Turner. Vom mai avea prilejul să revenim la cele spuse de către Eddington. Deocamdată aş vrea să subliniez cât de actuale sunt cuvintele lui, mai ales astăzi, când, aşa cum se spune încă de la începutul raportului despre "Quarci şi Cosmos", "ne aflăm într-un moment special al călătoriei noastre spre înţelegerea universului şi a legilor fizice care îl guvernează".

Convocat ca o "recunoaştere a profundelor legături care există între Quarci şi Cosmos", a progreselor uluitoare făcute de Fizică şi Astronomie, Comitetul a avut drept sarcină principală să formuleze o listă de întrebări pentru secolul care de abia a început, întrebări care să lege între ele cele două extreme: cum ne-am obişnuit de un timp să le denumim, infinitul mic şi infinitul mare... Cele 11 întrebări sunt extrem de clare şi, s-ar putea spune, descurajant de simple. În aparenţă. Iată-le, înainte de orice alt comentariu:

1.1. Întrebările

1. Ce este materia întunecată?
2. Care sunt masele neutrinilor şi cum au contribuit ei la evoluţia universului?
3. Există dimensiuni spaţio-temporale suplimentare?
4. Care este natura energiei întunecate?
5. Sunt protonii instabili?
6. Cum a început universul?
7. A avut Einstein ultimul cuvânt în ceea ce priveşte gravitaţia?
8. Cum funcţionează acceleratorii cosmici şi ce accelerează ei?

[2] Pe întreg parcursul cărţii, dacă nu se specifică altfel, "Comitetul" şi "Raportul" se referă la Raportul "Connecting Quarks to Cosmos..." al Comitetului pentru Fizica Universului al Academiei Naţionale pentru Ştiinţe a Statelor Unite

9. Există noi stări ale materiei la temperaturi şi densităţi excesiv de înalte?
10. Este necesară o nouă teorie a materiei şi luminii la energii foarte înalte?
11. Cum au fost făcute elementele dintre fier şi uraniu?

De ce în titlul acestei prime secţiuni se spune " întrebări pentru răspunsuri cunoscute"? Pentru că date -experimentale, observaţionale, teoretice- despre majoritatea subiectelor la care se referă întrebările, avem. S-ar putea chiar spune că există o anume "inflaţie" de date. Şi riscul de a nu a şti căror **întrebări** le răspund aceste date. Ştiinţa în general, Fizica mai ales, are o inevitabilă componentă esoterică, "ascunde" o seamă de lucruri sub limbajul tehnic şi le îmbracă în formule pe care doar cei care au pregătirea necesară - aceasta constituind o alegere liberă şi neîngrădită- le pot înţelege. Dacă în vremurile de început ale exerciţiului intelectual omenesc, esoterismul era o măsură de autoprotecţie a unor informaţii care, încăpute "pe mâna a oricărui", cum spune Eminescu, ar fi putut genera extrem de mult rău, de data aceasta tot de o autoprotecţie este vorba, doar că de un fel mai aparte. Căci există adevăruri şi mai ales simple informaţii care pur şi simplu ***nu ar trebui difuzate public atâta vreme cât nu se cunosc şi nu se stăpânesc întrebările cărora aceste adevăruri –sau, dacă preferaţi, aceste informaţii- le constituie răspunsuri.*** Nu este vorba, aş vrea să repet, **nu este vorba**, nici de orgoliu de castă, nici de interese depăşind ştiinţa propriuzisă, ci doar de faptul că orice descoperire ştiinţifică, fie că este vorba de una transpusă într-un obiect tehnic, fie una devenind cunoaştere, poate produce/aduce pe cât de mult bine, pe atât de mult rău. O descoperire ştiinţifică ***în sine*** este un câştig. O descoperire ştiinţifică "mutilată" de o înţelegere parţială poate genera pericole. Şi o "pereche" întrebare-răspuns în care unul din capete lipseşte este, poate, cea mai periculoasă. Cum sunt sigur că vă veţi face o imagine chiar şi la o superficială examinare a acestor 11 întrebări.

1. *Ce este materia întunecată?* Existenţa unei "forme" de materie cu totul speciale, diferită de materia pe care o cunoaştem noi şi care nu îşi face cunoscută prezenţa prin emitere de lumină sau alte moduri care ne sunt familiare, datează de prin anii '30 şi aparţine unui astronom, Franz Zwicky. Ea, ideea unei asemenea "materii", a fost avansată, într-un fel, ca un ...răspuns, o soluţie la o problemă practică: masa obiectelor cosmice catalogate nu reuşea să explice masa totală a Universului. Explicaţia "uşoară" era această "materie întunecată", invizibilă, a cărei atracţie gravitaţională explica de asemenea formarea galaxiilor şi a superstructurilor cosmice.

2. *Care sunt masele neutrinilor şi cum au contribuit ei la evoluţia universului?* *Extrem de dificil de detectat experimental din cauza absenţei sarcinii electrice şi a masei lor nule sau foarte mici, neutrinii par fi deosebit de abundenţi în Universul actual. Se cunosc trei categorii de neutrini, respectiv cei asociaţi electronului (ν_e), muonului (ν_μ) şi aşa numitului electron greu (ν_τ). Mai există însă şi alte categorii? Cât este de mare masa lor? Răspunsul la asemenea întrebări ar putea aduce informaţii esenţiale privind originea şi evoluţia Universului. S-a spus chiar că ar putea produce modificări substanţiale în teoriile şi modelele actuale.*

3. *Există dimensiuni spaţio-temporale suplimentare?* Înţelegerea naturii cuantice a

gravitaţiei -ceea ce presupune o "integrare" Mecanică Cuantică-Teoria Relativităţii- a determinat luarea în consideraţie a posibilităţii unor dimensiuni suplimentare ale lumii în care trăim, dincolo de cele patru cunoscute: trei spaţiale şi una temporală. Ca şi la punctul precedent, confirmarea unei asemenea posibilităţi va afecta cu siguranţă imaginea actuală asupra genezei şi evoluţiei Universului dar şi a interacţiilor fundamentale ale particulelor elementare. În plus, s-ar putea să avem de a face cu obligaţia de a aborda dintr-o altă perspectivă şi unele probleme din afara Fizicii, ţinând de Biologie sau Psihologie, dar dependente de ambientul spaţio-temporal în care se consumă.

4. *Care este natura energiei întunecate?* Numele este dat prin analogie cu "materia întunecată" a lui Zwicky, doar că de data aceasta este vorba de o descoperire -o confirmare, dacă preferaţi- foarte recentă a faptului că expansiunea Universului este accelerată şi nu încetinită, cum ne-am fi aşteptat. Ceea ce impune identificarea unei alte (a câta?) forme de materie, care "impregnează" întregul Univers şi al cărei efect este invers celui atractiv al gravitaţiei obişnuite. Interesant este că Einstein însuşi a prezis-o atunci când a "simţit" că trebuie să introducă în ecuaţiile sale ale Relativităţii Generale constanta, sau forţa, sau factorul Λ, fiind în acelaşi timp primul care să renunţe la această idee şi, mai mult, să o considere ca "cea mai mare gafă" a vieţii sale.

5. *Sunt protonii instabili?* Într-un volum de lucrări ale unuia din celebrele cursuri organizate de Centrul de Cultură Ştiinţifică "Ettore Majorana" de la Erice, Italia, intitulat "De Ce-urile Fizicii Subnucleare", cunoscutul şi subtilul fizician Antonino Zichichi spunea că s-ar putea ca atunci când la un moment dat cineva va veni la el să-i spună că s-a descoperit în fine că protonul este instabil, el să-i răspundă întrebându-l "ce este de fapt protonul?". Protonul este nucleul de Hidrogen - cea mai simplă formă de materie, cea care, din Antichitate până astăzi, cel puţin sub forma "apei" figurează în atâtea scenarii cosmogonice. Stabilitatea sa, ne infirmată de date experimentale, a fost considerată ...normală. Întrebarea este nu doar una "de frondă" sau pur tehnică, ci este legată de posibilitatea de a înţelege astfel cum s-a realizat uşoara preferinţă iniţială a Universului pentru ceea ce numim materie, faţă de antimaterie (identică cu prima şi diferind doar prin sensul opus al sarcinii sale electrice), ducând la conformaţia actuală a lumii.

6. *Cum a început universul?* A existat într-adevăr faza inflaţionară a evoluţiei Universului care, între secunda 10^{-35} şi secunda 10^{-32}, a marcat o creştere exponenţială în timp a razei Universului şi nu proporţional cu rădăcina pătrată a acestuia, ca înainte şi după acest interval? Dacă da, atunci avem o explicaţie simplă şi coerentă a formării marilor structuri din Univers, a marilor "accidente", a căror origine trebuie căutată în lumea subatomică, prevalentă în această epocă a vieţii Universului. Dar nu toţi fizicienii şi cosmologii mai sunt astăzi atât de entuziasmaţi de Inflaţie. Ca să nu mai vorbim de "extinderea" întrebării la epoca premergătoare naşterii Universului, orice ar putea însemna acest lucru...

7. *A avut Einstein ultimul cuvânt în ceea ce priveşte gravitaţia?*

Relativitatea Generală a lui Einstein este o teorie care "funcţionează" foarte bine la nivelul Universului actual. Ea ar trebui însă să funcţioneze şi în stadiile sale timpurii, când intensitatea gravitaţiei era copleşitoare iar efectele sale au avut consecinţe vizibile astăzi. În plus, cum s-ar putea face ca aceeaşi teorie a relativităţii einsteiniene generale să includă şi efectele cuantice? Acest lucru nu se întâmplă cu teoriile actuale şi nici nu se explică dacă şi dacă da, de ce, aceste efecte ar fi irelevante.

8. Cum funcţionează acceleratorii cosmici şi ce accelerează ei?
Obişnuiţi cu energiile din ce în ce mai mari disponibile cu ajutorul acceleratorilor din ce în ce mai sofisticaţi, fizicienii nu pot încă furniza o explicaţie a fasciculelor cosmice de particule înregistrate în diverse regiuni: nici energia mult superioară oricărei surse terestre, nu poate fi explicată şi nici originea acestor fascicule nu este cunoscută.

9. Există noi stări ale materiei la temperaturi şi densităţi excesiv de înalte?
Ştim cum se formează protoni şi neutroni din nucleele atomice ale elementelor chimice cunoscute. Ştim şi cum, la energii înalte, aşa cum le putem obţine în acceleratoarele de ioni grei, aceştia se ..."dizolvă" într-o "supă" de quarci şi gluoni. Ceea ce nu ştim încă este ce se întâmplă de fapt la densităţile mult mai înalte care se găsesc în stelele neutronice, de pildă, sau în ..."supa primordială", care domina în stadiile timpurii ale vieţii Universului.

10. Este necesară o nouă teorie a materiei şi luminii la energiile cele mai înalte?
... adică, din nou, în stelele neutronice şi puternicele explozii de raze gamma, unde trebuie să ne întrebăm dacă electrodinamica cuantică, adică "instrumentul teoretic" ce unifică Electromagnetismul "obişnuit" cu Mecanica Cuantică, s-ar putea să nu mai fie de ajuns.

11. Cum au fost făcute elementele dintre fier şi uraniu?
Ştim cum s-au format în stele şi supernove elementele de la Hidrogen la Fier. Dar celelalte?

1.2. Descoperire şi Înţelegere

"Acolo unde sfârşeşte telescopul, începe microscopul. Care din ele oferă imaginea mai cuprinzătoare?" (Victor Hugo)

De destul de multă vreme, omul a avut cel puţin o bănuială şi a speculat asupra unei aproape evidente similitudini între Macro şi Micro, între structura Universului, de pildă, şi cea a corpului omenesc, între ""ce este sus" şi "ce este jos". Drept rezultat s-au reuşit o serie de (mari) descoperiri - de fapt, identificări ale unor "lucruri" care există ca atare în Natură, recunoaşteri ale acestora, care duc în final la înţelegeri, mai superficiale sau mai profunde. Părerile privind cele 11 întrebări au fost nu de puţine ori contradictorii, determinate în primul rând de aparenta lor simplitate: ceea ce este însă extrem de interesant (şi important, aş adăuga) este faptul că aceste întrebări sunt formulate, poate pentru prima oară în mod conştient şi voit într-o întreprindere ştiinţifică, la frontiera

dintre cele două lumi. Extremitate subatomică şi extremitatea cosmică. Pe care, din motive diferite, nu avem cum să le atingem: prima, din cauza legilor Mecanicii Cuantice care o definesc şi o controlează; cea de a doua - măcar pentru simplul motiv că "marginile" Universului se află cu un an-lumină mai departe cu fiecare an pe care vieţile noastre îl consumă pe Terra sau aiurea. "Acolo" însă, la limita care desparte cele două lumi, există şansa cea mai mare de a putea, comparându-le, să reuşim paşii următori în înţelegere. Unii chiar în deceniul de faţă, cum speră autorii întrebărilor, ceilalţi în deceniile următoare.

Comentarea celor 11 întrebări în capitolele următoare este bazată în primul rând pe raportul Comitetului pentru Fizica Universului, dar şi pe cele mai recente (până la doar câteva săptămâni înainte de trimiterea cărţii la tipar) rezultate experimentale şi observaţionale şi dezvoltări teoretice. Scopul principal: a vă oferi elemente necesare pentru a vă formula Dv. propriul punct de vedere privind actualele modele de univers.

Acestea procedează printr-o tehnică larg folosită în ştiinţă: extrapolează rezultate cunoscute şi verificate, în cazul de faţă din fizica experimentală actuală şi observaţiile astronomice asupra Sistemului Solar, la întregul Univers -pe de o parte- şi la condiţii extreme ale sistemelor fizice, neobişnuite şi mai ales nerealizabile în condiţiile Pământului şi ale zonei vecine accesibile. Evaluarea legitimităţii unor asemenea extrapolări şi, implicit, a coerenţei şi consistenţei modelelor/teoriilor actuale este esenţială pentru evaluarea celuilalt aspect, încă şi mai important: calitatea înţelegerii de către noi a originii şi evoluţiei Universului, inclusiv obiectele cele mai "exotice" pe care le-a descoperit secolul 20, inclusiv cele două mărimi care definesc poziţia în Univers şi ne permit să gândim, spaţiul şi timpul. Fără aceste două evaluări, bazate pe tipul de raţiune de care dispunem în prezent, este probabil greu de vorbit despre o imagine ştiinţifică a lumii, indiferent ce am fi dispuşi să înţelegem prin aceasta.

Ştiinţa actuală dispune de -combină- instrumente practic fără precedent, de la acceleratori capabile să re-creeze în laborator condiţiile din primele minute de viaţă ale Universului, la telescoape terestre sau spaţiale care pot "vedea", prin "ferestre" vizibile, infraroşii, radio, X etc., aproape în orice direcţie şi la orice distanţă. "Care din ele ne oferă imaginea mai cuprinzătoare?" - întrebarea lui Victor Hugo rămâne. Şi poate şi de aceea Comitetul pentru Fizica Universului şi-a pus problema creării unei noi (unei alte?) strategii. Depăşind limitări generate de perpetuări disciplinare, educaţionale, instituţionale.

1.3. Ce căutăm?

> *"...dacă vă plac geometria şi rigoarea fără să vi se împietrească inima şi mintea; dacă aveţi un dram de nebunie şi un munte de măsură - veţi întâlni, cândva, filosofia" Constantin Noica, Jurnal Filosofic*

Astăzi dispunem de: modele/teorii matematice de o extraordinară eleganţă şi rigoare; o enormă cantitate de date experimentale şi observaţionale, în mare majoritate sistematizate şi catalogate; o dezvoltare tehnologică nu doar fără precedent (numai în domeniul astronomiei optice s-a înregistrat între 1900-2000 o creştere a sensibilităţii instrumentelor de un milion de ori!), dar şi ştiind cum trebuie să procedeze pentru a evolua mai departe; o inteligenţă artificială auxiliară care, ca şi precedenta, "ştie" încotro trebuie să-şi

continue perfecţionarea; un sistem informaţional -şi o filosofie în acest sens- care recunoaşte nevoia -în primul rând în interesul direct al acestor dezvoltări progresive- de renunţare la majoritatea barierelor care ar limita-o şi aproape în egală măsură imposibilitatea de a mai considera efective asemenea bariere.

Unde pot duce aceste lucruri? La apropierea de marile probleme: de la diversitatea extremă a obiectelor terestre şi extraterestre, la unificarea forţelor fundamentale. De la claritatea şi simplitatea formei finale a marilor teorii la dificultăţile de explicare a funcţionării "maşinii lumii" la aproape orice nivel de complicaţie şi complexitate.

Există aproape un consens privind existenţa unor dimensiuni spaţio-temporale suplimentare. Ce ne vor spune ele când vor deveni/când le vom face accesibile? Scris în 1944 şi făcut cunoscut celor de astăzi de abia în 1990, Jurnalul lui Constantin Noica ne atrage atenţia asupra unui lucru pe care uneori mai suntem tentaţi să-l uităm sau să-l minimalizăm: această necesară echilibare între nebunie şi măsură. Sau invers, pentru că în ştiinţă în special cea de a doua tinde de obicei să predomine.

1.4. Modelul Standard

Deşi ne vom întoarce la acest subiect de câte ori va fi nevoie, aş vrea să ne reamintim încă din această secţiune introductivă elementele fundamentale ale celui mai profund dintre modelele elaborate până în prezent, denumit simplu şi cu modestie nejucată, Modelul Standard. Ca să ne dăm seama ce înseamnă el cu adevărat, să ne întoarcem pentru o clipă acum o sută de ani. Cum arăta Fizica la sfârşit/început de secol 19/20? Elegantă, simplă, clară, din moment ce cu un aparat matematic accesibil astăzi la nivel de liceu se putea calcula şi prezice evoluţia oricărui sistem de corpuri materiale şi a oricărui câmp de forţe, "tabloul lumii" fiind astfel unul fără zone de umbră şi indecizie. Sau, oricum, nu foarte multe.

A trebuit să vină mai întâi Mecanica Cuantică pentru a ne da seama de un lucru fundamental: oricât de simplă, clară, elegantă era fizica de până atunci, ea nu putea "vorbi" despre corpuri care încă **nu sunt** parte a sistemului studiat, nici să spună despre "ceva" că va putea sau nu să existe. Să luăm, cum se face în Raport, legile lui Newton: ele ne permit să ştim cum se mişcă şi ce poziţii vor ocupa la un anume moment corpurile Sistemului Solar sau cometele. Dar nu ne vor ajuta de exemplu în determinarea dimensiunilor la care poate ajunge un sistem stelar, cum ar fi Sistemul nostru Solar. Sau la ce formă se va stabili o structură galactică. Secolul 19, prelungit până în primii ani ai secolului 20, nu judeca decât prin extrapolarea rezultatelor cunoscute. Ce a făcut Mecanica Cuantică? A arătat că într-un sistem care seamănă perfect cu Sistemul Solar -un corp central în jurul căruia se rotesc alte corpuri- acestea din urmă îşi pot schimba poziţiile, dar numai într-un anume fel, pe anume orbite, şi, mai mult, că anumite lucruri **nu pot avea loc**. Schimbarea radicală pe care a adus-o Mecanica Cuantică a fost să ne arate că există proprietăţi universale (cum sunt cele ale atomului de hidrogen, de exemplu), consecinţe ale unor legi şi soluţii perfect descriptibile printr-un aparat matematic valabil oriunde în spaţiu-timp.

Apoi, aceeaşi Mecanică Cuantică a arătat că banala în aparenţă operaţiune numită "măsurare" ridică nişte complicaţii nebănuite. Pentru că, la o anumită scară, pe de o parte simpla măsurare ...afectează natura obiectului măsurat (adică eu obţin un rezultat, dar nu mai ştiu despre ce vorbeşte el) şi, pe de altă parte, ea ne arată că există perechi de mărimi -poziţia unei particule şi impulsul său, energia şi timpul- care nu pot fi determinate,

măsurate, **simultan** cu precizie absolută. Ca să nu mai vorbim de faptul că particulele însele, cele care populează fizica modernă şi înlocuiesc în vocabularul fizicienilor cuvântul "corpuri", au strania particularitate de a se comporta în mod cu totul diferit din punct de vedere ..."social", să spunem, statistic dacă preferaţi, după cum sunt surse de câmp de forţe sau purtătoare de asemenea câmpuri: electronii, sursele câmpului electromagnetic, sunt fermioni, "aristocraţi", neputând ocupa doi odată aceeaşi stare, să aibă adică toate numerele cuantice egale; fotonii în schimb, purtătorii aceluiaşi câmp electromagnetic, sunt bosoni, toţi la fel, chiar cu o preferinţă clară de a se afla cu toţii în aceeaşi stare.

Mecanica Cuantică deci, aşa cum a fost ea creată de Planck şi Bohr în primul rând şi dezvoltată de Heisenberg, Schrödinger şi Dirac, a putut să explice în mod strălucit tot ce ţine de atomi - deci să explice chimia. Nu a fost de ajuns: era nevoie de a introduce în teorie şi electrodinamica. Au făcut-o Tomonaga, Feynman şi Schwinger, care au creat ***Electrodinamica Cuantică*** -QED- pentru care aveau să primească în 1965 Premiul Nobel. Şi totuşi lucruri neclare au rămas. QED "mergea" foarte bine dar numai dacă rezolvarea ecuaţiilor se făcea într-un mod aproximativ. Altminteri apăreau mărimi infinite! Ce reprezentau acestea? "Corecţii cuantice", rezultatul "fluctuaţiilor cuantice". Soluţia? Se anulau mărimile infinite în rezultatul final - procedură lipsită şi de logică şi cu un indiscutabil aer de neseriozitate. Dar - lucrurile funcţionau şi, mai mult, fizicienii şi-au dat seama că problema venea nu atât din modul efectiv în care aceste corecţii cuantice afectau rezultatele (adică comportarea sistemului) ci mai curând din modul în care ele erau definite. În particular, ideea de *vid* era una care trebuia complet schimbată: departe de a fi "gol", vidul era o stare extrem de bogată în procese virtuale în care perechi de particule şi antiparticule erau generate pentru a se anihila imediat ducând la generare de energie care, la rândul său, genera alte perechi şi tot aşa mereu. Şi pentru ca lucrurile să fie şi mai complicate, că s-a ajuns în curând să se realizeze că există sisteme, structuri fizice, care **nu pot fi** descrise de QED. Nucleele atomice sunt unele; procesele de dezintegrare nucleară sunt altele. Ideea că mai există şi alte forţe fundamentale ale naturii decât electromagnetismul şi gravitaţia se impune. Pe lângă gravitaţie şi electromagnetism apar forţa/interacţia tare şi cea slabă. Prima este cea care asigură existenţa nucleelor atomice; cea de a doua este cea care explică dezintegrarea aceloraşi nuclee (explicaţia numelui vine de la faptul că reacţiile respective decurg mult mai lent decât reacţiile chimice) şi este una de mare importanţă în astrofizică şi cosmologie, datorită, printre altele, faptului că ea poate explica de exemplu mecanismul de producere a proceselor de fuziune care asigură în stele procesele de fuziune şi formarea elementelor mai grele decât hidrogenul. Unificarea tuturor acestor forţe a devenit problema centrală a Fizicii şi Cosmologiei actuale.

Pasul mai departe în prelucrarea ideii QED că vidul nu este chiar atât de simplu pe cât ar putea să pară la prima vedere a fost Modelul Standard (MS). În particular, era vorba de faptul că acceptarea vidului ca fiind "gol", deci cu toate câmpurile zero, ducea la concluzia că particulele ar fi trebuit toate să aibă masă nulă. Ceea ce, experimental mai ales, nu este cazul.

Interludiu: Ce este un Model?

Şahul este un joc nu doar foarte vechi, nu doar extrem de inteligent, ci şi unul care are o caracteristică foarte interesantă: poate fi jucat de cei doi parteneri indiferent unde se află ei, fără să se vadă unul cu altul, doar cu condiţia să existe o cale oarecare de comunicare între ei. Cum

se procedează şi cum de este posibil aşa ceva? Foarte simplu: datorită regulilor de bază. Şahul, cel puţin cel oficial, se joacă cu un număr fix şi mereu acelaşi de piese; aşezate la începerea partidei într-un fel bine definit şi, din nou, mereu acelaşi; acestea sunt mutate - deplasate, în fond, după reguli şi ele fixe şi pot interacţiona între ele în funcţie de modul în care sunt deplasate de jucători dar, din nou, după reguli bine stabilite şi cunoscute jucătorilor. În fine, regulile de deplasare sunt codificate: ştiu că Pb2-b3 este o mişcare a pionului şi ştiu precis unde se află acesta, sau Nb3-e6 înseamnă o deplasare acceptabilă a nebunului. Nu este indispensabil să văd tabla de şah: dacă partenerul meu de joc îmi transmite corect mutările sale, ştiu cum să-i răspund pentru a-i contracara jocul, permiţându-i în acelaşi timp să continue cu următoarea lui mişcare.

Situaţia din Fizică nu este, din acest punct de vedere, foarte diferită. Să presupunem, aşa cum se şi întâmplă aici, că ne interesează un anumit sistem fizic - "o bucată de realitate", dacă vreţi. Ca să ştiu cum să vorbesc despre acest sistem în aşa fel încât să fiu înţeles de oricine şi acel oricine să aibă la rândul său posibilitatea să vorbească şi el despre sistem, să se gândească la el, să repete raţionamentele şi experimentele făcute de mine şi să-mi şi poată comunica înapoi concluziile sale, trebuie să definesc mai întâi un sistem de coordonate, un spaţiu de coordonate sau, cum veţi întâlni din ce în ce mai des în literatură, o varietate. Tabla de şah. Iau apoi toate "mişcările" pe care mi le pot imagina (şi au sens!) pe această varietate - deplasările pieselor de şah. Acestea fac parte dintr-un grup. Mai definesc şi câmpurile de forţă - interacţiile posibile ale pieselor de şah -particulele din Fizică!-, când şi cum poate un nebun să ia o piesă, sau un cal, sau Regele, sau Regina... În fine, am ceea ce în Fizică numim "condiţiile iniţiale" - aşezarea pieselor de şah la începutul partidei, şi acum am tot ce-mi trebuie pentru a putea descrie tot ce se întâmplă şi, ceea ce este la fel de important, să şi pot comunica oricui care deţine aceleaşi elemente ca şi mine, despre ce este vorba. Am, deci, un model. Dacă pe post de "tablă de şah" aleg spaţiul Minkovski, cel al Relativităţii lui Einstein, spaţiul subîntins de trei coordonate spaţiale şi de una temporală şi drept grup o "tripletă" SU(E) X SU(2) X U(1), am Modelul Standard.

Care este însă alternativa la un vid "gol"? Ţinând seama că de fapt vidul înseamnă starea de energie minimă (o energie nulă, în acest caz), alternativa este ceea ce se numeşte o "condensată", adică o stare care are energie minimă, dar care nu este goală, lipsită de particule. Şi care, mai mult, este una "pervazivă", adică "umple" tot spaţiul. În MS, particulele pe care le găsim în această stare sunt celebrele particule Higgs. Condensata însăşi este definită de o valoare nenulă a câmpului Higgs. Rezultatul acţiunii acestui câmp este tocmai "înzestrarea" cu masă a tuturor celorlalte particule. Problema este rezolvată şi teoria este acum în acord cu realitatea. Chiar dacă particula Higgs este unica din cele prevăzute de MS care încă nu a fost descoperită...

MS a fost verificat în atâtea cazuri încât nimeni nu mai contestă astăzi corectitudinea sa: mai mult, el este de aceea considerat ca cea mai desăvârşită creaţie a minţii ştiinţifice omeneşti. Aceasta pentru că el ne spune ce tipuri de materie "obişnuită" pot exista (acceptabilitatea calificativului obişnuită fiind suficient de largă) şi se poate aplica în toate condiţiile existente pe Pământ şi chiar în afara sa, în particular cele din interiorul stelelor. În Raport, Modelul Standard este considerat drept teoria definitvă a materiei cunoscute. Cu o consecinţă de o importanţă capitală: el ne dă siguranţa extinderii (extrapolării) ne-contradictorii a legilor fizicii în condiţii sensibil îndepărtate de cele în care a fost posibilă testarea directă a modelului. Şi trebuie aici avute în vedere condiţiile de temperaturi/energii extrem de mari. Big Bang-ul este un exemplu.

1.5. Încotro?

În 1998, Antonino Zichichi, unul din oamenii care au făcut foarte mult pentru Fizica celei de a doua jumătăţi a secolului 20, cea care a cunoscut naşterea Fizicii Subnucleare, rezuma astfel statutul actual al celor cinci mari probleme ale Fizicii actuale:

Problema Fermi Diferenţa care există între ceea ce ştim în principiu şi ceea ce descoperim în practică.

Problema Rabi- În momentul în care s-a demonstrat că muonul se comportă ca un electron greu, I.I.Rabi, laureat al Premiului Nobel în 1944, a întrebat: cine a dispus acest lucru? Au trecut peste 50 de ani şi nu avem încă un răspuns. Mai mult, există şi alte întrebări în aceeaşi situaţie: de ce există trei familii de fermioni, nici mai mult, nici mai puţin? de ce forţele de etalon se supun simetriei SU (3) X SU (2) U (1)? de ce fermionii au şi mase de câţiva mili-electron-volţi, dar şi mase de aproape 200 de giga electron-.volţi, adică de aproximativ 10^{14} ori mai mari?

Problema Landau- Putem considera acceptabilă o teorie care nu mai funcţionează la energii inaccesibil de mari?

Problema Einstein- Deşi în MS apar doar trei dintre cele patru forţe cunoscute (de fapt Zichichi spune două, adică forţa tare şi forţa electro-slabă, care uneşte deja forţa slabă cu cea electromagnetică), gravitaţia nu va putea evita în mod cert cuantificarea. Mai ales că eforturile dedicate dezvoltării teoriei corzilor nu au dus la rezultatele aşteptate, inclusiv datorită faptului că aceasta nu funcţionează la energii joase

Problema Universului lipsă- Cea mai mare parte a materiei din Univers este invizibilă. Ca şi cum am trăi de fapt în două universuri, independente, legate doar prin gravitaţie. În unul se află materie obişnuită; în celălalt se află materia întunecată...

Deşi preced cu peste 2 ani întrebările din Raport, multe elemente se pot recunoaşte. Ceea ce nu înseamnă că răspunsurile ar fi mai uşoare sau previziunile mai simple în vreunul din cazuri. Putem, ca un exerciţiu, să ne imaginăm cum ar fi răspuns un fizician din toamna anului 1901 dacă i s-ar fi cerut să-şi imagineze Electrodinamica Cuantică, laserul sau bomba atomică...

Voi încheia însă acest prim capitol aducându-vă aminte două "ziceri", două sentinţe, dacă îmi acceptaţi să le numim astfel:

Ivan Turgheniev: "Şi ideile au invalizii lor iar aceştia trebuie să aibă şi ei un azil"

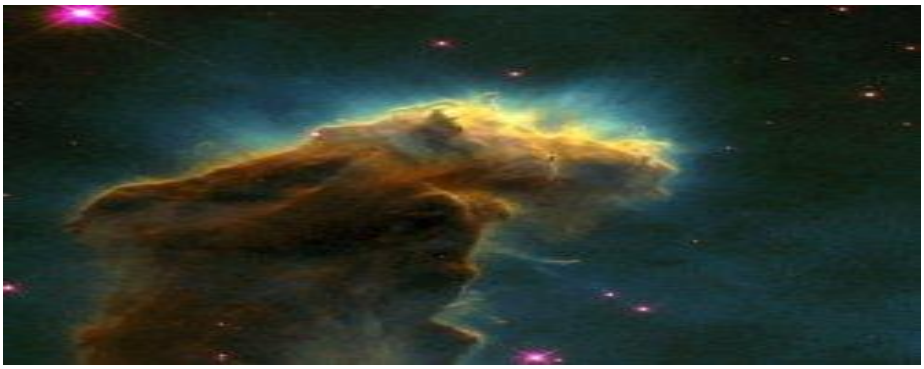
Henry David Thoreau: "Oamenii au devenit uneltele uneltelor lor"

Prima dintre ele trebuie să ne facem curajul de a o recunoaşte şi de a găsi cum să nu o ocolim. Cea de a doua - de ea trebuie să ne temem.

2. Înainte şi După Început

Întrebarea 6: Cum a început universul?

Materie, Spaţiu, Timp, elementele fundamentale din care este construită lumea, s-au "născut" odată cu Big Bang-ul; de la început a existat însă un **Subtilul Secret al Naturii**, pe care nici astăzi nu-l înţelegem foarte bine; Poate fi **Inflaţia** o explicaţie a tuturor neomogenităţilor şi accidentelor din Univers? Toate acestea ne duc, cum se întâmplă de atâtea ori, la **o altă serie de întrebări** dintre care una se păstrează la fel de actuală şi astăzi: **De ce este necesară Unificarea?**; Poate că în curând vom avea nevoie de **o nouă cosmologie**.



În loc de Motto

Cred că am şi pierdut şirul, de câte ori am început să scriu la această carte. Motivul este simplu, şi este legat de faptul că avalanşa descoperirilor/inovaţiilor/clarificărilor mai mult sau mai puţin aşteptate în Fizica ultimului an nu a fost în nici un caz de natură să facă pe oricine să se hotărască asupra modului şi ordinii abordării diferitelor subiecte. Cel puţin! Apoi, mi s-a întâmplat să trebuiască să fac faţă unor momente personale deosebit de dificile. Şi mi-am amintit de o veche poveste pe care mi-a spus-o tatăl meu. Era vorba de un prinţ arab, dintre cei care populează cele o mie şi una de nopţi, care, tocmai urcat pe tronul strămoşilor săi, îl cheamă pe cel mai important înţelept al regatului său şi îi cere să strângă pentru el într-o lucrare, întreaga înţelepciune a lumii. Trec ani de zile, tânărul Rege aproape uită de ceea ce a cerut şi îşi rezolvă şi el problemele regatului cum poate, nici mai bine nici mai rău decât înaintaşii lui. Într-o zi însă, i se semnalează apropierea unei enorme coloane de cavaleri şi de cămile - altminteri paşnice. Când ajung la Palat, află că este vorba de opera pe care o solicitase când urcase pe tron. Marele înţelept cu care vorbise nu mai era, dar venise fiul său, la fel de înţelept şi acesta. Impresionat, Regele îi primeşte. Văzând însă că înţelepciunea lumii şi timpului este cuprinsă în mii şi mii de volume, el îi cere tânărului înţelept să-i rezume întreaga lucrare. Acesta pleacă şi revine după alţi câţiva ani. De data aceasta ducea cu el, destul de greu, pentru că şi el începuse să îmbătrânească, doar zece volume, mari şi groase, ce-i drept. Erau şi acestea prea multe. După alţi doi ani, vine din nou, cu un singur volum. Regele se află însă pe patul de moarte. "Nu mai am timp să-l citesc nici măcar pe acesta, dragul meu. Dar ca să nu mor fără să ştiu, nu ai putea, înţelept aşa cum eşti, să rezumi şi mai mult această taină, poate chiar într-o singură frază?" Şi atunci înţeleptul care încheiase opera începută de tatăl său, se apropie, sprijinindu-se în toiag şi, ajungând lângă patul de moarte al prea luminatului Rege, îi spune cu o voce care de abia se mai auzea: "Măria Ta, omul se naşte, trăieşte şi moare. Restul -adăugă el cu o voce abia auzită- se află în interpretarea cărţilor acestea." Întrebarea este: oare această concluzie finală se aplică şi la Universul întreg? După mai bine de 2000 de ani de Fizică, înţelgem -în linii mari cel puţin- CUM se desfăşoară viaţa Universului. Ştim şi CE se află în acest Univers. Am şti însă să răspundem şi la cea de a treia întrebare fundamentală: DE CE? Ştim CÂND şi CUM s-a născut? Şi DACĂ? Ştim CÂND, CUM şi DACĂ se va sfârşi? Evident că nu este scopul acestui capitol de a da răspunsuri la asemenea întrebări, şi nici al întregii aceste cărţi. Poate nici chiar al Raportului "Connecting Quarks to Cosmos".

2.1. Materie. Spaţiu. Timp.

Analizând lumina recepţionată de la obiecte cosmice aflate la distanţe de 14 miliarde de ani-lumină, au fost identificate (Robert Backer et al., august 2001) urme ale primelor generaţii de atomi din Univers, fixând încă o dată "începutul" -indiferent ce accepţie dăm fiecare din noi acestui termen- în jurul acestei date. "Istoria" acestor atomi a fost până

acum "teritoriu necunoscut" al Cosmologiei, cum spune Robert Backer, care îi şi clasifică în interiorul a ceea ce el numeşte "Evul întunecat" al Universului.

Pe de altă parte, evident că atât de celebrul (şi acceptat de atât de multă lume) model al Big Bang-ului, "lansat" prin lucrările lui George Gamow din 1948, capătă o nouă confirmare. Evoluţia Universului este rezumată în Fig. 2.1. şi nu vom insista asupra ei. Mai curând ne vom opri la o altă serie de întrebări, care s-au conturat cu timpul: dacă totul s-a născut în acest singular moment al Big Bang-ului, cine s-a născut mai întâi? Spaţiul şi timpul? Legile? Universul însuşi? Şi ce era înainte ca toate acestea să se nască? Andrei Linde, unul din părinţii teoriei inflaţiei, este de părere că aceasta este cea mai "inabordabilă" problemă a Cosmologiei. Interesant este însă că acelaşi gen de întrebare s-a mai pus odată, acum foarte mult timp şi într-un context cu totul diferit - cel puţin aparent: ce făcea Dumnezeu înainte de a crea lumea?

Răspunsul cel mai interesant rămâne poate şi astăzi cel dat de Sf. Augustin încă de acum 16 secole: nu există "înainte"! Timpul (spaţiu-timpul, putem spune noi) apare odată cu ceea ce este creat.

Fig 2.1. Scurtă istorie a Universului

Să reluăm totuşi povestea. Ideea de pornire pe care o vom accepta este că Big Bang-ul a fost începutul spaţiului, timpului şi energiei. Odată format, la valori imense ale energiei, Universul a început să se răcească, ceea ce a determinat începerea procesului de transformare a energiei în materie, separarea lor având loc la sfârşitul primului milion de ani. Începutul a fost făcut de quarci şi electroni - cele două tipuri de leptoni- temperatura fiind prea mare pentru a se forma atomi şi chiar particule mai grele decât cele din aceste prime două familii. Pe măsura scăderii temperaturii apar apoi pe rând protonii şi neutronii (la finalul primului minut[3]), după 300 000 de ani apărând şi primii atomi, cei de hidrogen. În fine, la sfârşitul primului miliard de ani ai Universului, se înregistrează formarea obiectelor cereşti pe care noi le "vedem" (deci respectivele obiecte sunt surse de lumină) astăzi ca cele mai îndepărtate de noi. Ce s-a întâmplat în Univers între epoca formării primilor atomi şi cea a formării primelor corpuri cereşti este însă destul de puţin cunoscut şi încă şi mai puţin înţeles - motiv pentru care unii cercetători numesc chiar această epocă "evul întunecat", referinţa la Evul Mediu al istoriei omenirii fiind evidentă. Este însă o epocă extrem de agitată, în care, printre altele, se formează şi "motoarele" care alimentează quasarii pe care îi observăm şi astăzi, şi anume găurile negre supermasive, ale căror mase ating câteva miliarde de mase solare. Mai mult, o nouă surpriză ne aşteaptă la finalul acestui "ev întunecat" stelar: o ...re-ionizare a atomilor de hidrogen deja formaţi, care foarte probabil a avut loc sub acţiunea radiaţiei ultraviolete provenite de la primii quasari şi primele stele[4]. Era, într-un fel, preludiul adevăratei ere atomice. Iar pentru discuţia noastră, încă şi mai important, într-un fel, decât toate acestea este un lucru pe care cu siguranţă l-aţi şi remarcat: **tot** ce am prezentat până acum, reprezintă diverse forme de **materie**, acest termen fiind folosit de data aceasta nu în sens general, ci pentru a

[3] Nu trebuie să vă surprindă precizarea diferitelor momente de timp - ele se estimează relativ uşor, ţinând seama de condiţiile energetice necesare diverselor procese fizice, energia/temperatura putând fi calculate fără mari dificultăţi la diversele momente de timp ale evoluţiei Universului.

[4] În unele locuri, cum este cazul şi aici, este interesant de prezentat mai multe amănunte furnizate de descoperiri recente iar Dv. s-ar putea să doriţi să citiţi mai mult. Pentru a nu îngreuna şi împovăra însă peste măsură lectura textului, respectivele comentarii au fost puse la finalul cărţii şi marcate în text cu numărul Capitolului şi secţiunii şi cu secvenţa literelor alfabetului - 2.1.A, în acest paragraf.

specifica faptul că nu avem de-a face cu forme de **antimaterie**, "perechea" materiei "obişnuite", în care particulele elementare să fie înlocuite cu antiparticulele lor, de care, cum ştiţi, diferă doar prin sarcina electrică. Acesta este ceea ce în subsecţiunea următoare discutăm sub titlul de

2.2. Subtilul Secret al Naturii

Cum arată de fapt lumea în care trăim? Ea este formată dintr-o ierarhie de structuri care au la bază entităţile numite atomi şi se extinde de la dimensiuni submicroscopice, de ordinul a 10^{-13} cm, lumea nucleonilor, până la dimensiuni de ordinul razei Universului, adică aproximativ 15 miliarde de ani-lumină. Este guvernată de patru forţe fundamentale: forţa tare, care "leagă" între ei nucleonii în nucleul atomic, forţa electromagnetică, forţa slabă, care se manifestă de exemplu în dezintegrările radioactive şi forţa gravitaţională. Prima dintre acestea este cea mai puternică iar ultima - cea mai slabă. Raportul dintre intensităţile lor este de 10^{40}. Marea "provocare" este a ajunge la o teorie consistentă şi consecventă a spaţiu-timpului-materiei. Simplă ambiţie? Nu, de vreme ce aceasta ne-ar oferi (poate singura care a r fi capabilă de acest lucru) în primul rând o înţelegere corectă a ceea ce se întâmplă în vecinătatea găurilor negre şi în consecinţă o înţelgere adecvată a perioadelor timpurii ale Universului. Cu consecinţe aproape imprevizibile pentru cunoaşterea umană în general[5]. **Oricum**, oricât de slabă este gravitaţia atunci când se exercită la scara Pământului între două corpuri oarecare, ea devine la nivel cosmic forţa predominantă! "Visul" fizicienilor este să unifice cele patru forţe, să arate că ele sunt doar diverse manifest]ări ale unei singure forţe care de altfel domina Universul la începutul absolut al existenţei sale.

Lumea "noastră" este o lume "normală", în sensul valabilităţii în general a ceea ce numim legile Fizicii Clasice, în domeniul unde constanta lui Planck ($h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s) poate fi neglijată şi atâta timp cât vitezele corpurilor sunt nesemnificative în comparaţie cu viteza luminii în vid ($c = 299\,792\,458$ m/s). La dimensiuni la care constanta lui Planck devine semnificativă intrăm într-o lume unde legile care acţionează sunt cele ale mecanicii Cuantice şi unde situaţia este de aşa natură încât, printre alte proprietăţi mai stranii, "entităţile" cu care avem de a face se manifestă atât ca particule cât şi ca unde şi posibilitatea de identificare a lor este limitată de faptul că există perechi de mărimi fizice (cum ar fi poziţia şi impulsul -sau viteza- sau energia şi timpul, nu pot fi măsurate simultan cu precizie absolută). La viteze apropiate de viteza luminii trebuie să apelăm la Teoriile Relativităţii (Restrânsă, sau Specială şi Generală), care ne permit să estimăm modificările extensiilor spaţiale şi temporale ale corpurilor şi pun în evidenţă o relaţie cu totul specială între geometrie şi gravitaţie.

Există un număr de trei simetrii (invarianţe) fundamentale: faţă de oglindirea spaţială (P), faţă de inversarea sensului timpului (T) şi faţă de inversarea semnului sarcinii electrice (C). Fiecare dintre acestea cunosc excepţii (numite de obicei "violări de simetrie" sau "non-conservări" ale respectivei simetrii), produsul lor, adică simetria la acţiunea combinată a tuturor trei, fiind cea care este considerată până în prezent a fi conservată în orice proces fizic natural.

Particulele elementare, numite astfel pentru că ele sunt cele ce stau la baza construcţiei ierarhice de corpuri din ce în ce mai mari, dacă nu neapărat din ce în ce mai

[5] Deşi, după cum vom vedea, indicaţii asuspra acestor lucruri se pot găsi, neaşteptat pentru unii, în multe dintre vechile texte esoterice/sacre ale omenirii.

complicate, se împart în diferite familii, după masele lor, după modul în care interacţionează etc., fiecărei particule corespunzându-i o antiparticulă specifică, în sensul că, aşa cum spuneam şi mai sus, cele două diferă între ele doar prin semnul sarcinii lor electrice.

Dar: antiparticulele particulelor existente *în mod natural* (positronii pentru electroni, antiprotonii pentru protoni etc.) au fost puse în evidenţă doar în reacţii şi procese fizice temporare. Ele *nu există* "în mod permanent" în Natura "obişnuită", adică cea care există şi ne este accesibilă în noi şi în afara noastră şi ori de câte ori o particulă vine în contact cu propria sa antiparticulă are loc fenomenul numit "anihilare de perechi", ambele dispărând şi fiind înlocuite cu o degajare de energie.

Una din marile probleme ale structurii lumii noastre este astfel legată de întrebarea: de ce suntem formaţi din **materie** şi nu/mai curând decât din **antimaterie**? Acesta este, aşa cum încearcă să sugereze şi titlul actualei secţiuni, unul din marile "secrete" ale Naturii. Sau, cum se exprima BBC-ul în luna mai a anului 2001, unul dintre secretele cel mai bine păstrate!

Cum s-au întâmplat de fapt lucrurile? Imediat ce materia "a început să fie creată după Big Bang", cantităţile de materie şi antimaterie au fost egale. Violenţa proceselor fizice şi dimensiunile reduse ale Universului în acel moment au dus desigur la ciocniri uriaşe între cele două forme de existenţă a materiei. Rezultatul **ar fi trebuit să fie** însă, evident, **dispariţia** acesteia şi înlocuirea sa cu **energie**! Că **nu** s-a întâmplat aşa suntem dovadă chiar noi - de la atomii şi minusculele obiecte de pe Pământ, până la marile structuri şi aglomerări galactice. Explicaţia este una singură: a existat o violare a simetriei la inversia de sarcină (în sensul celor spuse puţin mai sus), şi întâmplarea a făcut ca forma de existenţă în (foarte mic) exces să fie ceea ce numim noi astăzi "materie". În dauna antimateriei. Că lucrurile au putut să se petreacă astfel o dovedeşte descoperirea încă din 1964 (Cronin şi Fitch) a non-conservării simetriei CP (simetria în care se inversează şi sensul spaţial şi semnul sarcinii) în reacţii în care se produc particulele elementare numite Kaoni neutri, sau mezoni K^0 obţinute în acceleratori foarte puternice (CERN, la Geneva şi FERMILAB la Chicago sunt cele două laboratoare unde au fost realizate măsurătorile decisive). Deteminând cu o precizie extraordinară (1 la 1 milion) diferenţele vitezei de dezintegrare a mezonilor K şi anti-K (antiparticulele lor), au fost observate 20 de milioane de mezoni K^0 care violau simetria CP. Rezultatul a fost reconfirmat în iulie 2001 în procese de dezintegrare a unei alte familii de mezoni, mezonii B, particule grele şi cu o viaţă extrem de scurtă. Experimentele au avut loc la SLAC - Stanford Accelerator Center- în California, într-o "aventură" cu adevărat internaţională, de vreme ce a strâns în jurul construcţiei obiectivului principal, un detector de 1 200 de tone, o echipă cu 600 de membri din nouă ţări, iar industria engleză (!) a livrat aparatură în valoare de 8 milioane de lire sterline! Semn că cei care ştiu, sau înţeleg, sau sunt în egală măsură bine informaţi şi sfătuiţi, au cum să aprecieze enormul potenţial aplicativ al unor cercetări care în alte părţi ale lumii sau mai ales în ţări categorisite drept sărace sunt privite ca un lux inutil şi, de multe ori, stupid[6]!

2.3. Inflaţia

[6] Şi cred că trebuie subliniat cu toată puterea că la ora actuală aproape că nu se mai poate concepe un experiment de mare anvergură efectuat cu implicarea unei singure ţări, oricât de puternică , oricât de bogată. Încă un motiv şi încă un fel de a deveni cu adevărat internaţională ale ştiinţei.

"L'intérêt et que j'ai à croire une chose n'est pas une preuve de l'existence de cette chose" {Voltaire, Lettres Philosophiques)

Cu subsecţiunea precedentă am început să atacăm întrebările de din totdeauna cele mai dificile ale fizicii. Iată încă una: de ce există neomogeneităţi în Univers? Adică: de ce există marile structuri din Univers, de la galaxii la ciorchinii (clusterele) de galaxii? Pentru că, **în mod natural nu ar trebui să existe**. Adică: dacă expansiunea Universului a fost întotdeauna cea pe care o cunoaştem astăzi, el ar trebui să fie plat (cu o densitate medie foarte apropiată de valoarea 1, care este densitatea critică - deasupra ei având un Univers hiperbolic şi deschis, dedesubt unul eliptic şi închis), omogen (aceeaşi densitate medie în orice punct) şi isotrop (acelaşi în orice direcţie). Şi totuşi Universul **nu** este aşa. Întâlnim enorme zone practic vide (cum este imensul vid din constelaţia Bootes - Bouarul, cu o rază de câteva sute de ani-lumină) şi zone cu aglomerări stelare sau chiar galactice extreme.

Răspunsul cel mai consistent a fost găsit în existenţa unei perioade extrem de scurte de **inflaţie**, termen introdus de americanul Alan Guth şi dezvoltat în mod strălucit de o întreagă pleiadă de fizicieni şi matematicieni în frunte cu sovieticul devenit american Andrei Linde. Aceasta înseamnă că a existat în istoria Universului o perioadă (calculată a fi avut loc între secundele 10^{-35} şi 10^{-32}) pe parcursul căreia expansiunea Universului a avut loc cu o viteză exponenţială în timp, în loc de "obişnuita" viteză proporţională cu rădăcina pătrată a acestuia, cum se întâmplă şi astăzi[7].

Expansiunea Universului duce la micşorarea razei sale de curbură, deci la "aplatizarea" formei sale - comparabil cu situaţia unui balon care, pe măsură ce este umflat, apare mai aproape de o suprafaţă plană. Inflaţia, pe de altă parte, deci perioada de expansiune rapidă, micşorează, chiar dacă nu elimină complet, dependenţa stării actuale a Universului de starea sa iniţială.

În ceea ce priveşte menţionata origine a neomogeneităţilor iniţiale, pe lângă faptul că reprezintă şi astăzi o problemă pentru cosmologi, indiferent de mecanismul care le-a produs, acestea trebuie să fi lăsat o urmă, "să-şi fi lăsat semnătura", cum se spune, în ceea ce numim FCR - fondul Cosmic de Radiaţii (CMB -Cosmic Microwave Background radiation). Este vorba de o "relicvă" a Big Bang-ului, singura care a rezistat, sub forma unei lumini extrem de reci (2,7 K) care "umple" întreg Universul. Alejandro Ganguyi, de la Institutul de Astronomie şi Fizică Spaţială din Buenos Aires, o numeşte primul "instantaneu" (snapshot) al Universului pe care îl avem. Această "lumină primordială" pe care o putem observa şi studia a fost generată odată cu primele încercări ale materiei de a se structura. Cum se procedează? Se măsoară temperatura efectivă a FCR. Dacă se găseşte că NU este omogenă (aceeaşi peste tot), altfel spus, prezintă anisotropii, acestea se datoresc unor neomgeneităţi primare, unor "seminţe iniţiale" din plasma care umplea tot Universul la începuturile sale şi din care au crescut norii de gaz care, sub influenţa atracţiei gravitaţionale, au dat naştere primelor galaxii. Măsurătorile recente indică exact

[7] Într-o formulare lipsită de eleganţă, vă invit să vă aduceţi aminte ce se întâmplă dacă vă abateţi de la regula culinară foarte strictă care cere să se mestece în mămăligă cu viteză constantă şi mică. Dacă "vă scapă mâna", chair pentru o clipă în comparaţie cu timpul total necesar pentru a termina de făcut mămăliga, şi amestecaţi mai repede, drept rezultat aveţi "cocoloaşele"...

acest lucru şi deci aduc un argument puternic în favoarea inflaţiei. Pe parcursul căreia fluctuaţiile cuantice au fost cele care au dus la formarea seminţelor din care apoi s-a dezvoltat totul.

De ce se fac însă toate acestea? De ce se cheltuiesc 145 de milioane de dolari pentru MAP, care înseamnă şi "hartă" dar de fapt sunt iniţialele cuvintelor "Microwave Anisotropy Probe", proiect iniţiat la sfârşitul lunii iunie 2001? Tocmai în speranţa că vom obţine astfel imaginea completă a "celei mai vechi lumini din Cosmos" şi în felul acesta să căpătăm răspunsuri mai adânci sau măcar mai detaliate privind ceea ce se află în Univers, forma lui, istoria şi mai ales soarta care îl aşteaptă, după cum consideră Charles L. Bennet, cercetătorul-şef al proiectului MAP, de la Centrul Spaţial Goddard al NASA, Greenbelt, MD: ce s-a petrecut în prima clipă după Big Bang? Cum a evoluat Universul în complicata structură de galaxii pe care o vedem astăzi? Va continua expansiunea sa sau până la urmă se va prăbuşi în el însuşi?

Şi iată-l ce spune, în contextul aceluiaşi proiect, pe Profesorul David T. Wilkinson de la Universitatea Princeton, despre această ...fosilă, această stranie geană de lumină în care s-a îmbăiat Universul de-a lungul existenţei sale de când a pornit nu cu stelele, galaxiile şi quasarii de astăzi, ci ca o ceaţă de radiaţie şi particule exotice -unele pe care nu le-am văzut niciodată, altele despre care poate nici nu ştim că au existat: "Tot aşa cum studiind oase de dinozauri şi să le reconstituim viaţa de acum milioane de ani, putem studia această antică lumină şi să reconstruim Universul aşa cum a fost el acum aproximativ 14 miliarde de ani." În acest crepuscul timpuriu al Universului se află cheia celor mai profunde mistere ale sale - şi, cu siguranţă, răspunsul la întrebarea din Raport, în formularea implicită a acestui capitol: cum a început Universul şi ce a existat înainte? Iar performanţa măsurătorilor este atât de senzaţională (o parte în câteva milioane de grade) încât nu putem să nu o descriem, din nou folosind cuvintele unui membru al echipei de la Goddard, de data aceasta Dr. Edward Wollack: "A măsura lumina cosmică cu această precizie este ca şi cum ai cântări o cană plină cu nisip cu precizia greutăţii unui singur grăunte."

Revenind însă la Fizică, plauzibilitatea inflaţiei ca explicaţie a multor lucruri care ţin de primele stadii ale naşterii şi evoluţiei Universului nostru are astfel surse adânci în tot ce am învăţat şi ştim despre unificarea forţelor fundamentale şi despre ruperile de simetrie pe care le aminteam mai sus. Cum? Într-un fel, totul în lume se desfăşoară într-o alternativă simetrie-ordine. Este temperatura scăzută, apa a îngheţat şi avem de a face cu o structură solidă, spinii atomilor într-un material magnetic sunt aliniaţi, atomii dintr-o cavitate laser emit toţi în mod coerent, în alte sisteme fizice particulele s-au "îngrămădit" disciplinat într-o stare specială numită "condensată" (subiect studiat de multă vreme de Einstein şi de Bose şi răsplătit cu Premiul Nobel pentru Fizică pe anul 2000)... Spaţiul pare el însuşi ordonat, pentru că ordinea din sisteme "blochează", ascunde, simetriile spaţiului în care acestea există. Creşte temperatura - condensata se evaporă, sau se topeşte, spinii se dezaliniază, atomii emit haotic... Simetria este restaurată, regăsită. Şi fenomenul se întâlneşte atât în interacţiile slabe cât şi în cele tari. Numele folosit în general pentru astfel de situaţii este de "tranziţie de fază" - ar trebui să completăm "de ordinul doi", tranziţii în care are loc o schimbare bruscă a proprietăţilor de simetrie[8]. Consecinţele tranziţiilor de fază pot deveni deosebit de dramatice în Cosmologie. Pentru

[8] Şi sunt cercetători care consideră că o asemenea tranziţie de fază, "sui generis" a dus la însăşi naşterea/ formarea Universului.

că aici este vorba de "dezvăluirea" simetriilor Universului prin tranziţia de la un vid iniţial, care este de fapt un vid fals (despre care vom mai avea prilejul să vorbim), a cărui energie (posedând proprietăţi gravitaţionale speciale), se disipează lent, determinând iniţierea unei perioade de expansiune exponenţială - inflaţia. Există indicaţii observaţionale şi experimentale foarte puternice în favoarea inflaţiei, departe însă de a fi convingătoare pentru toată lumea. Încă o dată se dovedeşte cât este de necesară o teorie unificată mai completă a materiei şi gravitaţiei.

2.4. O altă serie de întrebări

Big Bang-ul "tradiţional" lasă neclarificate unele lucruri fundamentale, cum ar fi de exemplu omogeneitatea şi isotropia Universului. Scenariul inflaţionar Alan Guth-Andrei Linde dă foarte multe răspunsuri şi, mai mult, permite extinderi remarcabile, cum ar fi ideea că Universul în expansiune este de fapt un uriaş fractal în permanentă creştere (în prezentarea lui Andrei Linde, nu este doar o singură "minge de foc", ci constă din mai multe asemenea "mingi", fiecare în proces de inflaţie, fiecare producând alte mingi, şi aşa mai departe.) Oricum ar fi însă, înainte şi după inflaţie, evoluţia Universului este cea descrisă de scenariul Big Bang pe care l-am numit tradiţional. Rămânem deci şi cu singularitatea originară, din care s-a dezvoltat totul. O singularitate în care nici legile Fizicii nu existau - acestea "născându-se" şi impunându-se "dincoace" de bariera Planck (când densitatea Universului a scăzut sub 10^3 g/cm^3). După aceasta însă (aproape) totul a revenit la normal, adică s-a desfăşurat cum se desfăşoară şi astăzi, existând chiar şi un "martor" al acestui început, sub forma amintitei radiaţii remanente de 2.7K, identificată în 1965 de către Arno Penzias şi Robert Wilson (care aveau să primească Premiul Nobel în 1978 pentru această descoperire). Big Bang-ul este acceptat de majoritatea fizicienilor, dar puţin câte puţin au început să se impună probleme şi întrebări nerăspunse (încă). Unde sunt ***monopolii***, particule supergrele (de o mie de ori mai grele decât protonul), purtând un singur pol magnetic (la fel cum avem sarcini electrice de câte un semn, + sau -)? Care ar fi trebuit să apară în Universul timpuri şi să fie astăzi la fel de abundenţi ca şi protonii, făcând ca densitatea Universului să fie cu aproximativ 15 ordine de mărime mai mare decât este (adică 10^{-29} g/cm^3)! Nu cumva -întrebare pusă de către Andrei Linde, printre alţii- trebuie rediscutate bazele modelelor cosmologice standard? Altfel este greu de răspuns la întrebări cum ar fi următoarele şase, pe care vi le prezint, din nou în formularea lui Andrei Linde:

1. A existat într-adevăr un Big Bang?

La care se adaugă, detaliind-o: dacă da, atunci ce a existat înainte? dacă da şi spaţiul şi timpul nu au existat înainte, cum s-a putut efectua creaţia din nimic? cine au apărut/au fost create mai întâi, Universul sau Legile evoluţiei sale? Adunând la un loc asemenea întrebări obţinem probabil problema cea mai dificil nu doar de tratat, dar chiar şi de formulat în Cosmologia actuală

2. Este -şi dacă da, de ce- Universul plat?

Aici problema este una de neconcordanţă masivă între previziunile teoretice şi observaţii. Primele vorbesc de un univers extrem de puternic curbat, cu o rază de curbură de ordinul

aşa numitei "lungimi Planck"[9], adică 10^{-33} cm; observaţiile astronomice indică drept domeniu al observării universului plat raza porţiunii observabile din univers, adică 10^{28} cm. Diferenţa între cele două este de aproape 60 de ordine de mărime, mult prea mare pentru a nu da de gândit.

3. Universul -partea cunoscută de noi, cel puţin- cuprinde aproximativ 10^{88} particule. De ce este atât de mare Universul?

Dacă pornim (absolut acceptabil) cu un univers ale cărui caracteristici să fie date de mărimi Planck, ajungem la un univers în care să "intre" între una şi cel mult 10 particule elementare. Nu doar că marile structuri astronomice nu ar avea loc, dar nici măcar un simplu om, care numără în jur de 10^{29} asemenea particule! Din nou, discrepanţa este exagerat de mare!

4. Cum de s-au putut sincroniza domenii atât de diferite ale Universului încât să înceapă expansiunea exact în acelaşi moment şi exact în acelaşi fel?

Altfel formulată întrebarea: cine a fost "dirijorul" care să dea comanda?

5. De ce Universul este omogen la scară mare (pe distanţe de 10 miliarde de ani-lumină, abaterea de la omogeneitate este de 10^{-4}!) şi totuşi permite formarea galaxiilor, de exemplu?

Pentru unii cercetători este din nou vorba de o întrebare fundamentală. Aceasta pentru că nimeni nu are vreo idee cum să împace aceste două elemente: faptul că, odată începută expansiunea, materia s-a "întins" cu a remarcabilă uniformitate prin univers (abaterile fiind cele de mai sus) şi faptul că **totuşi** s-au format stele, galaxii etc., deci la scară "mică" există neuniformităţi. Conform însă expresiei caustice a lui Andrei Linde, unii dintre "cei care nu au idei, au principii", aşa că "s-au mulţumit" cu aşa numitul Principiu Cosmologic, care exact aceasta face, adică stipulează omogeneitatea Universului. Soluţia este însă una slabă şi prea puţini sunt mulţumiţi de ea, preferând să caute în continuare mecanismul care a dus la formarea galaxiilor...

6. Problema unicităţii, a lui Einstein. În formularea acestuia: a avut Dumnezeu o altă alternativă, oricare ar fi fost ea, când a creat lumea?

Într-o formulare mai practică: dacă acceptăm (ceea ce este aproape evident) că iniţial au existat mai multe decât cele patru dimensiuni cunoscute astăzi (trei spaţiale şi una temporală), care "s-au compactificat", ne mai fiind observabile, de ce "compactificarea" s-a realizat la **patru** dimensiuni şi nu la **două** sau la **cinci**, de exemplu? Şi: cum s-a făcut compactificarea, altfel spus, cum s-au ” rulat” celelalte dimensiuni (cele care nu se văd)?

Răspunsul la astfel de întrebări este esenţial pentru a înţelege modul în care este construită lumea noastră, mai ales având în vedere progresele (imense!) realizate în ultimii 50 de ani în domeniul particulelor elementare şi, de ce nu, faptului că aici, în acest domeniu al Fizicii, se află şi rădăcinile scenariului inflaţionar.

[9] Timpul Planck, momentul înaintea căruia gravitaţia este atât de puternică încât "îndoaie"atât spaţiul, cât şi timpul, se calculează din egalitatea lungimii de undă Compton cu cea gravitaţională şi are cunoscuta valoare de 10^{-43} sec. Celelalte "mărimi Planck" se calculează imediat. Lungimea Planck de exemplu este c $\times$ timpul Planck, adică valoarea menţionată în text.

Oricum, totul pare să indice necesitatea unei noi cosmologii. O vom discuta şi noi imediat. După ce vom face însă o scurtă oprire pentru a ne reaminti câteva din elementele esenţiale privind cele patru forţe fundamentale.

2.5. "Jocuri" cosmice

Atunci când ne interesează elementele esenţiale ale structurii lumii materiale din care facem şi noi parte, putem spune că aceasta este compusă din particule şi câmpuri. Câmpurile sunt asociate celor patru forţe cunoscute astăzi în Natură. Sursele câmpurilor sunt particule din familia *fermionilor*, iar mediatorii acestor câmpuri, particulele care "le transmit", fac parte din familia *bosonilor*.[10]

Având în vedere că aici, în fizica particulelor elementare, se află cheia înţelegerii scenariului inflaţionar, vom face o scurtă excursie în fascinanta lor lume. Să ne oprim în primul rând la primele două forţe care au fost unificate: forţa electromagnetică şi forţa slabă. "Mediatorii" lor sunt, pentru prima, fotonii şi pentru a doua, particulele $W^{\pm}$ şi Z^0. Una plus trei particule, deci (particulele $W^{\pm}$ şi Z^0 au fost iniţial prezise teoretic şi puse în evidenţă experimental în 1984, performanţă pentru care Carlo Rubbia şi Simon van de Meer au şi primit Premiul Nobel). Numai că aici apare o enormă deosebire între ele> fotonii NU au masă (masa lor de repaus este **zero**), în timp ce celelalte trei sunt **foarte** GRELE! Şi atunci: cum să unifici două forţe ale căror purtători sunt atât de diferiţi între ei? Soluţia este să pornim de la ipoteza că **iniţial** toate aceste particule nu au avut masă, forţele fundamentale din natură nu s-au deosebit între ele şi de imaginat mecanismul prin care unele au primit masă pe parcursul evoluţiei Universului iar altele, nu. Cu alte cuvinte, să stabilim unul dintre mecanismele cel mai subtile şi mai importante din natură: cel al ruperii (violării) de simetrie, despre care am vorbit puţin mai sus, la începutul subcapitolului 2.4. Aşa apar "pe scenă" **câmpurile scalare**. Care ne interesează pentru potenţialul lor - sursa care face posibilă "naşterea" particulelor. Aceste câmpuri afectează proprietăţile particulelor elementare: cele care interacţionează cu ele capătă masă, cele care nu interacţionează - nu. Pe măsură ce Universul îşi urmează expansiunea, el se răceşte şi diferitele forţe se separă - acesta este procesul de rupere a simetriei. În acest moment, el, Universul, este plin cu diferite câmpuri scalare. Valoarea lor este caracterizată de poziţia minimum-ul energiei lor potenţiale.

Imaginaţi-vă Universul ca o minge care se rostogoleşte, cade, de-a lungul pereţilor unei gropi. Groapa aceea este câmpul scalar, sau mai bine zis potenţialul acestuia. Poziţia ocupată de minge la un moment dat reprezintă, defineşte, starea Universului la acel moment. Fundul gropii reprezintă valoarea minimă a energiei şi deci starea stabilă pe care şi-o asumă Universul. Dacă groapa este plină cu apă, de pildă (echivalentul existenţei termenilor de fricţiune în expansiunea Universului), pe măsură ce mingea coboară, scade progresiv şi lent energia ei. De ce este important acest lucru?

Câmpurile scalare sunt importante pentru Cosmologie pentru că ele furnizează mecanismul inflaţiei. Într-adevăr, Universul se extinde, conform teoriei relativităţii

[10] Clasificarea particulelor \n aceste dou` familii se face dup` valoarea spinului, caracteristic` intrinsec` a oric`rei particule, care pentru fermioni are valori semi\ntregi iar pentru bosoni, valori \ntregi. Primele se supun "principiului de excluziune al lui Pauli" (nu se poate ca doi fermioni s` ocupe simultan aceea[i stare) \n timp ce celelalte au, dimpotriv`, tendin]a de "\ngr`m`dire" \n aceea[i stare: cu c@t susnt mai mul]i bosoni \ntr/o stare, cu at@t probabilitatea ca [i al]ii s` li se al`ture este mai mare. Evident, de aici pot porni oric@te [i orice fel de comentarii...

generale, cu o viteză proporţională cu rădăcina pătrată a densităţii sale. Dacă Universul ar fi făcut doar din materie, densitatea ar scădea în mod evident (şi rapid!) pe parcursul expansiunii care, la rândul său, ar fi încetinită. Câmpul scalar contribuie însă şi el (prin relaţia de echivalenţă masă-energie a lui Einstein) la expansiune. Energia Universului va scădea deci **mai lent** decât densitatea materiei care îl compune. Aşa se declanşează inflaţia. Încetinită de lichidul care umple groapa, "mingea" care reprezintă Universul ne spune că energia scade progresiv, dar de fapt atât de lent încât energia totală rămâne constantă, în timp ce densitatea materiei scade dramatic. Iar această energie face ca Universul să continue expansiunea cu o viteză sensibil superioară oricărei predicţii a cosmologilor dinainte lui Linde şi Guth, deci dinaintea ideii inflaţiei.

Când totuşi energia câmpului scalar a ajuns la o valoare minimă –"mingea" a atins fundul gropii- inflaţia a încetat. Câmpul scalar a început să oscileze în jurul valorii sale minime. Aceste oscilaţii l-au făcut să piardă şi mai multă energie: care a fost emisă sub forma particulelor elementare cunoscute şi de noi. Totul a durat foarte puţin. După ce s-a terminat, scenariul "obişnuit" al Big Bang-ului a fost reluat. Doar că Universul care la începutul inflaţiei avea o rază de ordinul a 10^{-33} cm are acum, după unele scenarii, o rază de-a dreptul incredibilă, cu mult mai mare chiar decât raza Universului vizibil de astăzi, adică 10^{28} cm. Era deci normal ca la o asemenea "extensie" rapidă, neomogenităţile Universului să nu mai fie observabile! "Defectele" Universului iniţial (printre care şi eluzivii monopoli primordiali) au devenit atât de "diluate", încât nu mai sunt astăzi observabile. Astăzi, când vedem de fapt o parte minusculă din Universul întreg şi, din nou, este normal să o vedem plată (aşa cum vedem şi pământul pe care călcăm, deşi acesta este rotund).

Andrei Linde realizează de asemenea că inflaţia se poate declanşa în mai multe domenii din univers, acestea crescând exponenţial şi ajungând să domine Universul – este o inflaţie haotică, pentru că în aceste domenii câmpul scalar poate lua valori arbitrare. Dar concluzia care se desprinde aici este una şi mai specială: odată ce într-un domeniu al Universului s-a declanşat inflaţia şi acesta creşte, el va genera un alt domeniu inflaţionar, şi apoi un altul, şi aşa mai departe. Chiar dacă inflaţia se opreşte într-un punct al Universului, ea continuă în altul – are loc o inflaţie eternă! Un univers format din bule inflaţionare. O reacţie în lanţ care duce în final la un univers cu o structură fractală, dar a cărui evoluţie, ca întreg, un mai trebuie să aibă un sfârşit! Începutul? S-ar putea că toate părţile Universului să fi fost create simultan într-o singularitate Big Bang, dar această ipoteză nu mai devine acum nici evidentă, nici inevitabilă. Avem o întreagă secvenţă de big bang-uri şi nu mai putem spune că inflaţia face parte din Big Bang, ci …invers, că big bang-ul acesta repetat este o parte a inflaţiei!

Repetă oare Universul ceea ce se întâmplă cu omenirea? Fiecare fiinţă se naşte, trăieşte, moare, luând cu ea întregul său patrimoniu raţional, sentimental şi senzorial. Dar asemenea fiinţe există în permanenţă, în trecut, ca şi în viitor. Omenirea se autoreproduce, la fel ca Universul. Problema căutării civilizaţiilor extraterestre s-ar putea să fie mai curând problema căutării civilizaţiilor extratemporale, cel puţin în ceea ce priveşte propriul nostru timp...

Vechile idei, căutări, recomandări, de a înţelege, sărind de la unul la altul, Macrocosmosul, adică Lumea, pornind de la analiza Microcosmosului, adică a fiinţei omeneşti, s-ar putea să fie ceva mai mult decât un simplu exerciţiu de esoterism şi de joacă cu simbolurile. În Cosmos se practică un joc – putem vizualiza în fel şi chip

Universul, imaginea de mai sus a unei mingi fiind una dintre multele posibile. Urmărindu-i mişcările în interiorul imaginii pe care ne-am creat-o, îi citim istoria şi, poate, la un moment dat o să ajungem să-i putem ghici măcar viitorul.

2.6. Se poate şi fără inflaţie?

"Sunt încântat să am la dispoziţie şi o altă imagine a Universului timpuriu. Era frustrant pentru mine să nu am nici o alternativă la inflaţie, care am senzaţia că a fost acceptată prea uşor de mulţi cosmologi"(J. Peebles, cosmolog)

Se poate. Oricum, Inflaţia s-a impus la începutul anilor '80, deci timp de 30 de ani modelul/ teoria Big bang a "supravieţuit" şi, mai ales, s-a dezvoltat şi perfecţionat de una singură.

Alternative? Una dintre ele datează din aprilie 2001 şi formează subiectul unui articol din una din cele mai serioase şi cunoscute reviste de fizică: The Physical Review. Idea este că Universul nu "s-a actualizat" decât în momentul în care ...un alt univers s-a ciocnit de el! Până atunci exista doar spaţiu (şi, probabil, un fel de "univers potenţial") care dintr-odată s-a metamorfozat într-o mare fierbinte şi agitată de radiaţie şi particule. Procesul a fost deci următorul: apropierea universului numărul doi (universul paralel)a produs o expansiune a spaţiului în zona actualului univers, ciocnirea însăşi producând toată energia şi materia de care s-a dispus în primele stadii cunoscute ale universului "nostru". Energia generată în această ciocnire este cauza care a produs Big Bang-ul ale cărui "urme" le vedem şi le studiem astăzi. După cum comentează unul din autori, Paul Steinhardt (Universitatea Princeton) care, interesant, este unul din cei care au perfecţionat modelul inflaţionar acum 20 de ani, noua idee are acelaşi efect în explicaţii ca şi inflaţia, întrucât rezolvă problema expansiunii exponenţiale într-o perioadă foarte apropiată de începutul existenţei sale. Dar, atenţie: universul imaginat de Steinhardt şi colegii săi este special nu doar prin modul în care îşi iniţiază existenţa, ci şi prin structura sa. Universul nostru, de pildă, care este tridimensional, este "*o 3-brană*", una din cele două suprafeţe-limită, frontiere, ale unui spaţiu patru-dimensional, extrem de subţire[11]. În acest "*super-spaţiu*" există şi o "*super-brană*" care intersectează *brana* noastră-*frontieră*[12] şi provoacă astfel ciocnirea. Modelul (autorii îl mai numesc şi "*universul ekpyrotic*" pentru că aminteşte de focul cosmic al grecilor vechi) este atractiv mai ales pentru că acceptă o altă foarte populară teorie actuală, cea a string-urilor. Problema care se ridică este una evidentă: nu putem exclude posibilitatea ca în jurul nostru, în "super-spaţiul" nostru 4-dimensional, să plutească alte brane, care la un moment dat să se intersecteze cu noi şi să generăm împreună un nou Big Bang! Liniştea ne este adusă de actuala constantă gravitaţională (constanta lui Newton), care este foarte stabilă şi nu pare să indice o scădere pronunţată pentru următoarele câteva miliarde de ani, aşa că motivele de alarmă sunt infime!

O altă constantă însă, celebra constantă cosmologică a lui Einstein, Λ, este şi ea extrem de prezentă în teoriile cosmologice actuale. Einstein a introdus-o pentru a "face"

[11] Tot aşa cum faţa pe care scriem a unei foi de hârtie este una din cele două suprafeţe-limită, frontiere, ale unui spaţiu tridemnsional extrem de subţire ("grosimea" sa –deci a treia dimensiune- fiind grosimea foii de hârtie!). De aici şi justificarea termenului de *n-brană*, o zonă de separare, o membrană, în n dimensiuni...
[12] În articol se folosesc, respectiv, termenii: *bulk space*, *bulk brane* şi *boundary brane*.

un univers staţionar (cum se aştepta lumea să fie Universul în 1917) din unul în expansiune, apoi tot el a exilat-o din Fizică în momentul în care Hubble a demonstrat că Universul este într-adevăr în expansiune, fizicienii şi cosmologii actuali au readus-o sub formă de ”energie întunecată” în încercarea de a explica de ce supernovele cele mai îndepărtate sunt încă şi mai îndepărtate decât le credeam, adică expansiunea Universului este accelerată, nu încetinită, pentru ca, în fine, Leonard Parker şi Alpan Raval (în altă prestigioasă publicaţie de fizică, Physical Review Letters, încă şi mai parcimonioasă în a accepta articolele care i se trimit spre publicare, indiferent de nume) să afirme că Λ nu ar trebui, totuşi, să fie ...readusă la viaţă încă!. Ei propun în loc existenţa unui câmp de energie care umple efectiv tot spaţiul şi care afectează DOAR forţele de gravitaţie între diversele corpuri. Şi explică în felul acesta (adăugând şi puţină MIR – materie întunecată rece) şi cum de este Universul plat, şi cum de se află într-o expansiune accelerată. Fără a recurge la constanta cosmologică. Şi evitând şi strania ”chintezenţă” (*quintessence*), energia care şi ea umple tot Universul, dar în plus interacţionează şi cu alte forţe (cum ar fi cea electromagnetică).

Datele observaţionale sprijină însă în mod destul de categoric inflaţia. Ele sunt în acord cu ipoteza universului plat şi cu modelul inflaţionar. Modelele alternative **nu pot** să prezică datele înregistrate de experimente desfăşurate în ultimii câţiva ani (cum ar fi BOOMERanG, MAXIMA, COBE etc.) – chiar dacă ”defectele topologice”, cum ar fi string-urile[13], sau ”texturile”, concentraţii de energie cosmică primordială, produc structuri în Universul timpuriu, acestea nu se potrivesc cu datele actuale.

Şi, totuşi, o ultimă observaţie: multă vreme, extrem de multă vreme, teoria a fost pusă într-o uşoară inferioritate faţă de experienţă, considerată drept criteriul ultim de verificare a unei ipoteze, a unui model. Apoi teoreticienii au avut mai mare încredere în calculele lor, rezultatele experimentale dovedindu-se uneori depăşite. Condiţiile experimentale şi calitatea echipamentelor şi instalaţiilor de măsură s-a îmbunătăţit însă într-un asemenea ritm, încât acum calculele teoretice trebuie să fie extrem de precise în predicţiile lor pentru a putea ţine pasul.

2.7. O nouă cosmologie?

> *”...ajungeam uneori să cred până la şase lucruri imposibile dintr-odată, înainte de micul dejun!” (Regina de cupă către Alice, în Alice în Lumea Oglinzii)*

Să reluăm pe scurt imaginea Universului în primele stadii ale evoluţiei sale: acesta ”se naşte” (indiferent ce înţelegem prin aceasta), poate ca urmare a unei fluctuaţii cuantice[14],

[13] String, de la String Theory – corzi, Teoria corzilor. Am încercat în cât mai mare măsură să folosesc sau să introduc termeni româneşti. ”Teoria stringurilor” a devenit însă supercunoscută în această formă iar ”Teoria corzilor” sună încă şi mai puţin fericit.

[14] Fluctuaţiile sunt variaţii întâmplătoare ale mărimilor fizice, mărimea lor fiind incomparabil mai mică decât mărimea medie ”obişnuită” a acestor mărimi. Diferitele fluctuaţii se compensează reciproc, efectul lor asupra evoluţiei sistemului fizic fiind, în medie, nul. În situaţii speciale, în afara echilibrului sau mai ales departe de echilibru, o fluctuaţie mai mare decât celelalte poate fi amplificată şi poate influenţa observabil sistemul, devenind chiar un element ordonator. Fluctuaţiile cuantice se datoresc efectelor cuantice tipice şi sunt insesizabile la nivel macroscopic, dar ar fi putut avea efecte notabile în Universul timpuriu care, el însuşi, a fost un adevărat sistem cuantic...

odată cu el născându-se şi spaţiul şi timpul, forţele fundamentale ale Naturii[15] şi legile Fizicii. Parametrii iniţiali ai Universului sunt impresionanţi:

Raza – 10^{-33} cm	Temperatura- 10^{32} K	Densitatea- 10^{94} g/cm^3

Universul începe însă imediat să se răcească şi se declanşează un proces de expansiune. Între secundele 10^{-35} - 10^{-32} are loc un extrem de scurt interludiu în evoluţie, numit ”inflaţie” – expansiunea are loc exponenţial în timp şi raza Universului creşte cu un factor de 10^{50}. Astfel, o zonă a Universului de dimensiunea unui proton devine în acest timp mai mare decât întregul Univers vizibil de astăzi. Explicaţia situaţiei actuale se poate afla în ceea ce s-a întâmplat în această perioadă de timp. Se estimează astfel că la secunda 10^{-35}, Universul era format din mai multe zone independente, de raze de ordinul a 10^{-25} cm. ”Explozia” de expansiune care a urmat a ”netezit” în mod categoric orice neomogeneităţi şi neregularităţi iniţiale şi acesta este motivul pentru care astăzi ...vedem ce vedem. Când Universul îşi reia expansiunea ”normală”, îşi fac apariţia, rând pe rând: primele particule – fotonii şi quarcii, hadronii (adică particulele care interacţionează tare, cum ar fi nucleonii şi mesonii) între secundele 10^{-6} - 10^{-5} ; leptonii, adică muonii şi antiparticulele lor (în jurul secundei 10^{-4}) şi electronii, la secunda 5; elementele uşoare – hidrogen, deuteriu şi heliu, la sfârşitul primelor 3 minute; atomii la anul 700 000şi toate galaxiile şi supergalaxiile, când Universul împlinea primul său miliard de ani. Cum se ştie, la vârsta de 10 miliarde de ani s-a format Sistemul nostru Solar, ceea ce a dus şi la apariţia vieţii. Data apariţiei Hominidelor şi a uneltelor lor este, conform celor mai recente rezultate (noiembrie 2001) acum aproximativ 1,7 - 2 milioane de ani. Omul modern are însă doar vreo 40 000 de ani, în timp ce primele sale aşezări au doar 7 000 de ani.

Evident că mai există o întrebare absolut fundamentală, pe care am tot evitat-o până acum: de unde provine energia –enormă!- necesară pentru expansiunea inflaţionară? Răspunsul aproape imediat este: din transformarea energiei vidului. Şi, deoarece acest subiect va mai reveni de multe ori, sub diferite forme, vă propun să ne oprim pentru un scurt exerciţiu direct în text, şi nu ca o notă: cum ne putem convinge de existenţa unei (atât de ”anormale” în condiţii ”normale”) energii a vidului şi cum acţionează ea? Exerciţiul este destul de simplu şi nu ne cere decât să ne amintim de existenţa celebrului principiu de incertitudine al lui heisenberg, conform căruia există perechi de mărimi fizice care **nu** pot fi măsurate **simultan** cu precizie **totală**. O asemenea pereche este cea a poziţiei şi impulsului unei particule; o alta este cea a energiei şi timpului. Principiul spune deci că produsul erorilor făcute la măsurarea acestor două mărimi este finit, deşi foarte mic: $\Delta E\ \Delta t \cong \hbar$, $\hbar$ fiind constanta lui Planck. Ce facem noi însă? Măsurăm ”cu precizie absolută” timpul (afirmaţie corectă, întrucât ***ne fixăm efectiv la un anumit moment de timp şi discutăm fizica în acel moment***). Aceasta înseamnă o incertitudine substanţială în Energie, altfel formulat, o **fluctuaţie** cuantică a Energiei care poate fi extrem de mare într-un timp extrem de scurt. Dacă $\Delta E = 2mc^2$, şi **vreau** să creez o pereche electron-positron din acest vid ($m_e = 10^{-28}$ grame), rezultă că această pereche ”va trăi” 10^{-21} secunde!

[15] Este interesant de observat că se ştia încă de pe vremea vechilor cabalişti, aşa cum se specifică în ”Cabala” lui Alexandru Şafran, că “Elohim” şi “Ha-teva”, adică Dumnezeu şi Natură, au aceeaşi valoare numerică: 86.

Asemenea perechi particulă-antiparticulă (numite **virtuale**, pentru a le deosebi de perechile reale, ale particulelor obişnuite, care trăiesc mult mai mult) există în număr foarte mare, fiind create şi anihilate în mod continuu. Vidul nu este deci gol, ci o ”mare” de particule virtuale, cum se spune. Apoi: există viduri **reale** şi viduri **false**, cum este cel din interiorul unui proton,m de pildă, unde există quarci care se mişcă liberi dar care, neputând exista liberi, nu pot ”ieşi” de acolo pentru a migra spre un vid real. Şi dacă ţinem seama că se poate chiar vorbi de mai multe zone în acest spaţiu-timp primordial, fiecare ...cu vidul său, ajungem să justificăm întrebarea care s-a pus nu de puţine ori: ar putea lucrurile să fie chiar şi mai stranii decât atât? Se pare că da.

Suntem obligaţi să acceptăm un singur câmp scalar? Nicidecum. În teoria unificată (electrotare), unde forţele tare, electromagnetică şi slabă sunt una singură, avem cel puţin trei câmpuri scalare, ceea ce înseamnă că energia câmpului scalar are (*şi vă rog să urmăriţi secvenţa logică a concluziilor!*) **mai multe minime** –deci mai multe stări de vid -mai multe tipuri de rupere (violare) a simetriei între interacţiile/forţele fundamentale – în fine, **mai multe tipuri de legi ale fizicii** (la energii joase). Concluzia finală: la sfârşitul inflaţiei, Universul poate să fi fost împărţit în mai multe domenii, extrem de vaste, fiecare cu un alt set de legi ale Fizicii (definit de respectivul minim al câmpului scalar) – şi aceasta **chiar** dacă iniţial totul a pornit dintr-o singură stare, corespunzând unui singur minim al energiei potenţiale!

Dar lucrurile nu se sfârşesc aici: să nu uităm că ”totul” se scaldă într-o baie de fluctuaţii cuantice. Acestea pot ”arunca” Universul afară din starea de minim energetic în care ”se aşezase” şi eventual să îl ”împingă” într-o alta. În consecinţă ...se schimbă însuşi setul legilor fizice! Mai mult: dacă sunt suficient de puternice (ceea ce se întâmplă în anumite modele inflaţionare), fluctuaţiile pot modifica inclusiv numărul dimensiunilor spaţio-temporale! Ceea ce ne duce la o problemă nouă, specială şi ...stranie: mai este Fizica singură suficientă pentru a explica proprietăţile, cum spune Andrei Linde, ”parcelei de Univers care ne-a fost repartizată” ? Şi tot el continuă – este prea important ceea ce spune şi prea special pentru a nu-i reda exact cuvintele: ”*...ne aflăm în interiorul unui domeniu patru-dimensional cu propriul nostru tip de legi fizice nu pentru că domenii cu o dimensionalitate diferită şi cu proprietăţi alternative ar fi imposibile sau improbabile, ci pur şi simplu pentru că tipul nostru de viaţă nu poate exista în alte domenii. Înseamnă acest lucru că înţelegerea tuturor proprietăţilor regiunii noastre de univers va cere, pe lângă o cunoaştere a fizicii, şi o investigare profundă a naturii conştiinţei noastre? Această concluzie ar fi cu siguranţă una dintre cele mai neaşteptate care ar deriva din dezvoltarea recentă a cosmologiei inflaţionare.*”

Cum ar arăta deci Universul ”nostru”? Şi haotic, şi omogen; şi staţionar şi în expansiune; ”creşte, fluctuează şi veşnic se autoreproduce, în toate formele posibile, ca şi cum s-ar adapta pentru toate formele posibile de viaţă.”

Ultimii 15 ani de Cosmologie, adaugă Andrei Linde, au schimbat ireversibil înţelegerea de către oameni a structurii şi destinului universului nostru şi al locului care ne revine în el. Nu mult timp după publicarea acestui articol al lui Andrei Linde, în septembrie 2001, Stephen Hawking şi Sir Martin Rees, Astronomul Regal al Marii Britanii, convocau o conferinţă la Cambridge. Multe dintre afirmaţiile făcute cu această ocazie sunt aproape identice. Dar asupra acestui lucru vom reveni la momentul potrivit, în Capitolul 4.

*

* *

Dacă am început cu o poveste acest capitol, vă propun să îl încheiem cu un scurt comentariu al unuia dintre cei mai iluştri cosmologi ai lumii sfârşitului de secol 20, **James E. Peebles**, profesor emerit la Universitatea Princeton: "*Peste timp, inflaţia, quintesenţa şi alte concepte acum încă în discuţie, fie vor fi integrate în contextul general, fie vor fi abandonate şi înlocuite cu*
ceva mai bun ... Dar Universul este un loc complicat, pentru a nu spune mai mult, şi este o prostie să ne gândim că vom rămâne în vreun viitor apropiat fără o linie productivă de cercetare. Confuzia este un semn că facem ceva corect: este comoţia fertilă a unui locul unde se construieşte."

3. Neutrini şi Cosmos

Întrerebarea 2: Care sunt masele neutrinilor şi cum au contribuit ei la evoluţia universului?

"De fiecare dată când este lansat un nou instrument pentru cercetarea cerului sunt făcute descoperiri neaşteptate – şi acestea sunt de fiecare dată mai interesante decât cele anticipate" (Francis Halzen)

Antarctica. Unul din cele mai misterioase locuri de pe Terra. Teatru de antrenament pentru viitoarele expediţii interplanetare. La 1,5 Km sub gheţurile sale se află AMANDA, detectorul antarctic de Muoni şi Neutrini...

...Totul a început cu convingerea fizicienilor că legea conservării energiei nu poate fi încălcată – ea, alături de principiul cauzalităţii, care spune un lucru foarte simplu, şi anume că niciodată un efect nu poate să-şi preceadă propria cauză, constituie unul din puţinele exemple de legi care nu au fost (până acum cel puţin) contrazise în Fizică. Totuşi, în 1931, s-a stârnit oarecare emoţie când s-a observat că la dezintegrarea unui neutron într-un proton şi un electron, „se pierdea" o anumită cantitate de energie. Wolfgang Pauli a emis atunci ideea că probabil că se mai emitea încă o particulă, necunoscută, care „prelua" diferenţa de energie – de altfel aşa procedează totdeauna fizicienii când se produce un asemenea dezechilibru. Nevăzuta particulă trebuia să NU aibă sarcină electrică (reacţia $n \rightarrow p + e^-$ conservă evident sarcina electrică) şi, făcând

balanţa maselor, **nu** trebuia să aibă nici masă. Enrico Fermi –în mod categoric unul dintre cei mai mari fizicieni care au existat vreodată- precizează lucrurile: „*non è il neutrone di Chadwick, è un piccolo neutrone, un* ***neutrino***[16].” Aşa s-a născut numele, ca un diminutiv. Ideea a fost primită totuşi cu reticenţă (!), S-a vorbit nu doar de o încercare disperată de a „salva”, şi nu una, ci trei legi de conservare (vom vedea imediat care), ci chiar de o dovadă de „misticism ştiinţific” privind aceste legi. El a fost identificat experimental abia în 1957, de către Clyde Cowan şi Frederick Reines[17] !

Dar povestea neutrinului este încă şi mai spectaculoasă. În primul rând pentru că nu există un singur fel de neutrini...

3.1. Marile familii

”*Dacă tu crezi că noua ta idee este una bună, trebuie să munceşti din greu pentru ea şi să nu te temi să ajungi în punctul în care un nou venit să poată, cu un foarte mic efort, să obţină rezultatul pentru care tu ai muncit atâţia ani. Noul venit nu va putea niciodată să-ţi ia privilegiul de a fi fost primul care, cu imaginaţia sa, cu inteligenţa sa şi cu muncă, să deschidă un domeniu nou. Nu te teme să-i încurajezi pe alţii să-ţi urmeze visul. Dacă acesta devine realitate, comunitatea nu va uita niciodată că tu ai fost primul care să deschidă domeniul” (I.I. Rabi)*

Epoca	Când se termină	Parametri principali	Observaţii
Era leptonică	Sec. 1	$\rho=10^{15}$ g/cm^3 T = 10^{10} K	În această epocă are loc decuplarea neutrinilor
Era hadronică	Sec. 10^{-4}	$\rho=10^{55}$ g/cm^3 T = 10^{12} K	Această epocă este o formidabilă sursă de energie, prin anihilarea materie-antimaterie. „Urmele” care mai rezistă şi astăzi sunt radiaţia remanentă de 3K şi fondul de neutrini ai Universului. Mai devreme însă de limita inferioară a acestei epoci, hadronii nu pot să existe, fiind mai mari (mai extinşi) decât întregul Univers!
Era Quarcilor[18]	Sec. 10^{-23}	$\rho=10^{55}$ g/cm^3	Există o suprapunere generală a tuturor particulelor, atât de densă încât ele nu se pot combina pentru a forma structuri

[16] H.B.G.Casimir povesteşte cum, la rugămintea lui Niels Bohr, soţia sa i-a scris lui Pauli că Bohr îi va „răspunde la scrisoarea lui, Luni”. După 3-4- săptămâni, Pauli revine: nu se specificase data! Şi adaugă că Bohr nu trebuie să se cramponeze de o zi de Luni – în orice altă zi, spune Pauli „o scrisoare de la el îmi va fi la fel de dragă”! Şi Casimir îşi aminteşte că scrisoarea la care Pauli aştepta cu înfrigurare răspunsul, iar Bohr tot întârzia, era cea care conţinea ideea existenţei neutrinului!

[17] Doi ani extrem de interesanţi. 1931 este anul în care Paul Dirac lansează ideea existenţei antimateriei, vorbind pentru prima dată de pozitroni, E. O. Lawrence construieşte primul accelerator de particule – ciclotronul- iar Ernst Ruska realizează primul microscop electronic, cu o mărire de 400 de ori, toate acestea în timp ce Kurt Gödel îşi enunţa şi demonstra celebra teoremă. La rândul său, anul 1956 înseamnă, pe lângă revoluţia din Ungaria, şi anul în care C.N.Yang şi T.D.Lee descoperă neconservarea parităţii în intereacţii slabe (faptul că în Univers există ...dreapta şi stânga!), pentru care primesc, împreună cu Doamna Chien-Shiung Wu, care o demonstrează experimental în dezintegrarea izotopului Co^{60}, Premiul Nobel în 1957 (unul din cele mai “rapide” Premii Nobel!)

[18] E.R. Harrison, printre alţii, foloseşte pentru această valoare a timpului, 10^{-23} s, numele de “***jiffy***”, (un nume sugerat de Richard Tolman) – este timpul necesar luminii pentru a acoperi o distanţă egală cu

		$T = 10^{22}$ K	mai complicate, ca de pildă hadronii
Cosmologia Cuantică	Sec. 10^{-43}	$\rho=10^{94}$ g/cm^3 $T = 10^{32}$ K	Aici se află bariera ultimă. La dimensiuni de ordinul lungimii Planck (10^{-33} cm), fluctuaţiile cuantice se manifestă la nivelul întregului Univers, iar particulele virtuale devin reale.După expresia lui John Wheeler, spaţiu-timpul în această epocă este o ***spumă haotică***. „Dincolo" nu se poate merge, pentru că nu avem cum: ceea ce numim noi 'spaţiu' şi 'timp' sunt atât de „răsucite" de gravitaţia atotstăpânitoare, încât sunt pur şi simplu **altceva** decât cele două mărimi fizice şi/sau categorii filosofice cu care lucrăm astăzi. Într-un fel, ***aici*** se află astfel şi cele mai grele şi profunde întrebări pe care le putem formula şi, poate, o parte cel puţin din răspunsuri.

În tabelul de mai sus aveţi o rapidă trecere în revistă a istoriei Universului în prima sa secundă de viaţă – una din cele mai bogate, mai pline de evenimente (între secunda 1 şi primul milion de ani, la sfârşitul căruia se despart materia de radiaţie, se întinde 'era radiaţiei'). Această primă secundă se încheie, cum observaţi, cu era leptonică. Când se formează toţi membrii celor trei ...sub-familii care compun familia leptonilor, particule uşoare, cum le spune şi numele şi pe care îi menţionez aici cu primele nume care li s-au atribuit: electronul, electronul greu şi al doilea electron greu – adică electronul (e), muonul (μ) şi particula (electronul greu) τ, ***şi cu neutrinii asociaţi***: ν_e, ν_μ, ν_τ , fiecare cu antiparticula sa!

Însă, dacă încă din 1962 se ştia că există câte un neutrin asociat electronilor şi muonilor, electronul greu şi cel de-al treilea neutrin au fost descoperiţi mult mai târziu (1975, respectiv 1967). Altceva este şi mai important: încrederea –nu găsesc un alt cuvânt mai potrivit- pe care au avut-o fizicienii privind această structură. O voi repeta astfel:

ν^e	ν^μ	ν^τ
e	μ	τ

În vremea de care vorbim, deci anii '70, erau cunoscuţi doar cinci quarci. Antonino Zichichi avusese şi ideea şi puterea de a impune existenţa unei a treia familii, pe lângă cea a electronului şi cea a muonului, idee care s-a dovedit corectă, deşi descoperirea îi aparţine lui Martin Perl. Quarcii trebuiau deci să "completeze" schema şi toate particulele uşoare să fie aşezate într-un tabel care să fie satisfăcător inclusiv din punct de vedere estetic! O nouă ipoteză care s-a dovedit şi corectă şi fructuoasă. Tabelul final al familiei leptonilor este deci următorul:

ν^e	ν^μ	ν^τ
e	μ	τ
u	c	t
d	s	b

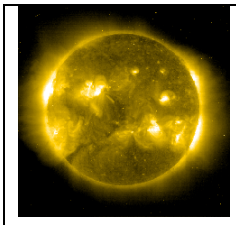
Cei şase quarci sunt, în ordinea în care apar în tabel, "up", "charmed", "top", "down", "strange", "bottom". Primii trei au sarcina electrică +2/3, ceilalţi trei, sarcina –1/3.

---

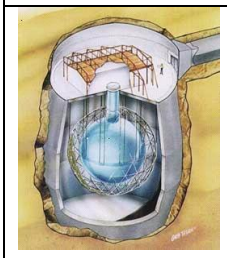
diametrul unui nucleon (1 fm = 10^{-13} cm, iniţialele onorând numele lui Enrico Fermi). Fără să fie esenţială din vreun punct de vedere, referirea la această particulară unitate de măsură poate fi foarte sugestivă uneori. Era Quarcilor ca "eră jiffy" ne spune imediat că Universul în această perioadă un depăşea dimensiunile unui nucleon...

Ni se sugerează astfel că neutrinii trebuie să joace un rol important în Univers. De ce? În primul rând, ei sunt particule fundamentale ale materiei, chiar dacă interacţia lor extrem de slabă cu alte particule a făcut să fie consideraţi ”particule-fantomă”! Neutrinii electronici au fost detectaţi în număr mare în reacţiile nucleare care asigură energia Soarelui şi mai multe experimente montate şi efectuate în ultimii 30 de ani i-au şi detectat. Dar doar o fracţiune din numărul la care ne-am fi aşteptat! Întrebarea care s-a pus a fost: sunt incorecte teoriile pe care le avem despre Soare, sau nu cunoaştem suficient fizica neutrinilor?

3.2. Neutrinii solari



O furtună solară, Soarele fiind o puternică sursă de neutrini şi, imediat dedesubt, instalaţia – Observatorul Neutrinic de la Sudbury, Canada. Folosind apă grea, acest Observator, operat de o asociaţie a universităţilor Canadiene, Americane şi Britanice, se află situat la 2 Km sub o mină de nichel din Sudbury, Ontario. S-a vorbit despre un „mister” al ...insuficienţei



neutrinilor solari, care datează, cum spuneam, de prin anii,70: numărul detectat era doar de aproximativ o treime din câţi se aşteptau. Ceea ce a ridicat multe probleme înţelegerii materiei din Univers.

Prima bănuială a fost că modelele folosite pentru Soare erau greşite. Dar până la urmă cercetătorii au realizat că răspunsul nu se află în Soare: neutrinii sunt cei ce se modifică în timpul călătoriei spre Pământ!

Vom discuta imediat aceste „oscilaţii neutrinice” care îi fac să „treacă” dintr-o familie în alta. Deocamdată ne oprim pentru câteva cuvinte despre aceste incredibile instalaţii experimentale. ONS, Observatorul Neutrinic din Sudbury, este rezultatul unei munci începute acum peste 15 ani: un detector instalat în adâncurile unei mine de nichel de la marginea oraşului sudbury, Ontario, plină cu 1000 de tone de apă, funcţionează pe post de „cursă” de neutrini, deşi numărul înregistrat este doar de aproximativ 10 pe zi! Neutrinii sunt atât de dificil de detectat, încât tot proiectul a fost o enormă provocare şi nimeni nu a ştiut de la bun început măcar dacă vor reuşi ceva! Problemele inginereşti au fost printre cele mai grele şi mai spectaculoase. Până la urmă însă s-a putut pune în evidenţă transformarea neutrinilor solari în alte specii de neutrini, ceea ce că arată că numărul neutrinilor produşi în Soare coincide exact cu numărul calculat.

3.3. Oscilaţiile. Încălcarea legii.

Răspunsul corect era aşa cum acum bănuiţi, că neutrinii se ...schimbă din unul în altul! Până să ajungem aici însă, să ne mai reamintim câteva lucruri. Întâi, faptul că neutrinii participă doar la interacţii slabe, de unde uşurinţa cu care traversează ei Pământul. Apoi, spuneam la început, nu au masă – sunt deci din acest punct de vedere, ca fotonii.Şi iată cu nu este chiar aşa: chiar dacă proprietăţile lor îi fac foarte greu de observat, neutrinii au fost extensiv studiaţi în acceleratori de particule şi reactori nucleari. De ce? Pentru că pot avea consecinţe majore asupra Cosmosului însuşi!

La sfârşitul primei secunde (sfârşitul „erei leptonice”, din tabelul de mai sus), echilibrul care domina până atunci în Univers nu mai poate fi păstrat şi enutrinii încep şi ei să joace jocul expansiunii generale şi să se răcească (fotonii vor face acelaşi lucru de

abia peste 500 000 de ani). Ei sunt într-un număr comparabil cu cel al fotonilor (dar de aproximativ un miliard de ori mai numeroşi decât protonii) şi au o masă extrem de mică, deşi nu riguros egală cu zero: 1 eV/c^{19} şi contribuie în mod semnificativ la ceea ce se numeşte „materia întunecată" – prea puţin totuşi pentru a le permite să constituie „germenii" din care să se dezvolte marile structuri galactice. În nici un experiment de până acum nu s-a detectat direct fondul neutrinic din Cosmos, acesta fiind doar „dedus" din efectele sale asupra structurilor la scală mare din Univers. Un formidabil flux de neutrini s-a înregistrat în urma exploziei Supernovei SN1987A (care a avut loc, după cum se specifică şi în numele acesteia, în anul 1987) deschizând, cum se spune în astronomie, o nouă „fereastră" pentru studierea unor fenomene cosmice fundamentale şi, de o mare importanţă pentru fizicieni, pentru studierea fizicii ...„de dincolo de Modelul Standard" (care, vă reamintesc, este „cea mai acceptată" teorie actuală a Fizicii). Cum? Într-un mod foarte spectaculos. În Modelul Standard există o „lege de conservare a numărului leptonic": numărul electronilor şi neutrinilor electronici minus numărul pozitronilor şi antineutrinilor electronici nu se schimbă, lege care este valabilă şi în cazul familiilor de muoni şi electroni grei. Dar, cum legi similare de conservare în cazul quarcilor de diferite tipuri *sunt doar aproximative*, şi cum într-o teorie unificată (vă amintiţi că acesta este marele vis al fizicienilor!) este natural să ne aşteptăm ca leptonii şi quarcii să se comporte la fel, este de aşteptat ca legea de conservare a numărului leptonic să fie şi ea doar aproximativă. Cauza? Fenomenul numit „oscilaţii neutrinice": ***un*** tip de neutrini este produs, ***un altul*** este detectat![20] Schimbarea are loc pe parcursul deplasării neutrinilor asociaţi prin spaţiu şi prin materie. Rata de oscilaţie depinde de energia neutrinilor, de diferenţa între masele diferiţilor neutrini şi de un „factor de mixaj" care controlează procesul de conversie. Primele indicaţii ale posibilităţii unor asemenea oscilaţii neutrinice au fost oferite de „neutrinii solari", proveniţi deci din Soare, mai precis din reacţiile nucleare care au loc acolo şi ***care produc neutrini electronici***! Şi totuşi, giganticul rezervor de ape provenite de la curăţenia oraşului instalat în anii '60 de Ray Davis într-o mină (Homestake Mine) din Dakota de Sud, singurul detector care a putut fi imaginat la momentul respectiv, şi prima instalaţie destinată acestui scop, înregistrează doar ***o treime*** din numărul de neutrini aşteptaţi (lucru confirmat şi de experimente ulterioare)! Explicaţia: „pe drum", neutrinii electronici s-au transformat în neutrini muonici sau neutrini tau! Nedetectabili, cel puţin cu metodele şi configuraţiile experimentale actuale – una dintre marile speranţe o constituie Observatorul Neutrinic de la Sudbury, Canada, cu cele 1000 de tone de apă grea ale sale aflate într-un vas de acril înconjurat de 9500 de fotomultiplicatori, interacţiile cu apa grea permiţând."numărarea" separată a neutrinilor electronici şi celorlalte două tipuri. O contribuţie foarte recentă la lămurirea acestor aspecte a fost furnizată de studiul neutrinilor din atmosferă care provin din interacţia cu radiaţia cosmică, extrem de bine cunoscută. S-a putut astfel constata, graţie experimentelor de la Irvine-Michigan-Brookhaven (IMB) (care sunt proiectate pentru detectarea dezintegrării protonului – problemă pe care o vom discuta în Cap. 5) şi

[19] Aceasta este o unitate aparent mai neobişnuită de măsură a masei, dar extrem de des folosită în Fizica Particulelor Elementare. Este raportul dintre electron-volt (eV – lucrul mecanic necesar pentru a deplasa un electron într-un câmp electric cu potenţialul egal cu un volt) şi viteza luminii (c)

[20] Aceste "tipuri" se numesc în Fizică **flavors**, gusturi, după o terminologie în care alte caracteristici se numesc **colors**- culori, **strangness** – stranietate și altele de felul acesta, care fac Fizica şi mai frumoasă şi, poate, mai uşor de abordat, chiar dacă bănuim dificultăţile enorme care ne aşteaptă odată intraţi în ea...

SuperKamoikande, Japonia, că raportul neutrini muonici/neutrini electronici este inferior (cu aproximativ 40%) estimărilor teoretice şi depinde de distanţa parcursă din momentul creării lor. Concluzia: oscilaţia neutrinilor muonici[21], implicând fie neutrinii tau, fie ..."o altă flavor", un alt tip, necunoscut încă de neutrin, sau chiar mai multe, care a (au) primit deocamdată numele de „neutrin steril". Asemenea *neutrini sterili* ar putea explica şi oscilaţiile, aşa cum au fost ele evidenţiate de neutrinii solari şi cei atmosferici, şi diferenţele de masă de 0,15-1,5 eV/c, observate în experienţe de laborator (printre care una efectuată la Los Alamos).

Şi încă ceva: există o puternică evidenţă experimentală care sugerează că neutrinii au masă, dar experienţele actuale de detectare a oscilaţiilor neutrinice măsoară doar diferenţe de masă între neutrini, nu masa lor însăşi! Lucrurile sunt suplimentar îngreunate că experimentele cunoscute sunt experimente care înregistrează dispariţia neutrinilor, în timp ce ne-ar fi mult mai util să avem la dispoziţie şi experimente care să înregistreze apariţia lor! Ar fi de exemplu extrem de interesant să putem realiza aşa numitele „dezintegrări beta duble", în care dezintegrarea nucleului (un proces din categoria interacţiilor slabe) produce un electron şi un pozitron, fără nici un neutrino! Proces foarte rar, care depinde de masa neutrinilor şi a relaţiei între neutrin şi antiparticula sa.[22]. Masa neutrinilor este probabil foarte mică –aşa cum o sugerează experienţele de detectare a oscilaţiilor. Acestea din urmă sunt, după cum se subliniază şi în Raport, singurul fenomen fizic cunoscut astăzi care nu poate fi explicat în cadrul Modelului Standard.[23]

3.4. De ce apar neutrinii în una din întrebările mileniului?

Răspuns: în primul rând din cauza implicaţiei lor în viitorul Universului. În cuvintele lui Hamish Robertson, Universitatea Washington din Seattle, "în ciuda numpărului enorm de neutrini din Univers, ei reprezintă doar o mică fracţiune din masa şi energia totală ale Universului". Ceea ce înseamnă că nu pot contribui suficient la oprirea expansiunii acestuia şi că scenariul care ni se oferă astfel este cel al unui Univers în continuă expansiune, care într-o zi îşi va pierde şi ultima stea... În ceea ce priveşte trecutul putem spune cu siguranţă că neutrinii au jucat un rol esenţial în formarea elementelor mai grele decât hidrogenul, prin „capacitatea" lor de a transforma neutroni în protoni şi invers (de altfel cantităţile actuale de hidrogen, heliu şi litiu, puternic dependente de producerea,

---

[21] În prezent, pentru detectarea neutrinilor muonici s-a montat de exemplu AMANDA –'Antarctic muon and neutrino detector array' care caută muonii rezultaţi din reacţiile provocate de ciocnirile neutrinilor electronici cu protonii şi neutronii din gheaţă. Cercetările continuă pentru a descoperi "urme" ale unor fenomene astrofizice, de la explozii de radiaţie gamma şi materie întunecată, la monopolii magnetici.

[22] Ce fel de particulă este de fapt neutrinul? O **particulă Dirac**, adică diferită de antiparticula sa (cum sunt electronul şi pozitronul) sau o **particulă Majorana**, identică cu antiparticula sa? (Ettore Majorana a fost un mare fizician italian, unul din fondatorii fizicii moderne, care a dispărut la traversarea strâmtorii Messina cu vaporaşul. Un alt mare fizician, Antonino Zichichi, a dat numele său Centrului de Cultură Ştiinţifică de la Erice, Sicilia)

[23] Modelul Standard a fost conceput pentru a descrie "cea mai accesibilă parte dintr-o teorie mai cuprinzătoare". Ca atare este incomplet. În teoria extinsă (în care, de altfel, masele neutrinilor au fost corect prezise chiar ăînainte ca aceştia să fie descoperiţi) efectul asupra neutrinilor ar putea fi foarte mic.

captura şi dezintegrarea neutronilor, care la rândul lor depind de natura şi proprietăţile neutrinilor, justifică experimental această afirmaţie). Şi chiar şi doar pentru această calitate, prezenţa lor printre cele 11 întrebări ale mileniului este justificată!

3.5. În loc de final "***Am împins limitele ingineriei, chimiei şi răbdării pentru a împinge limitele fizicii***" – Steve Biller, Oxford.

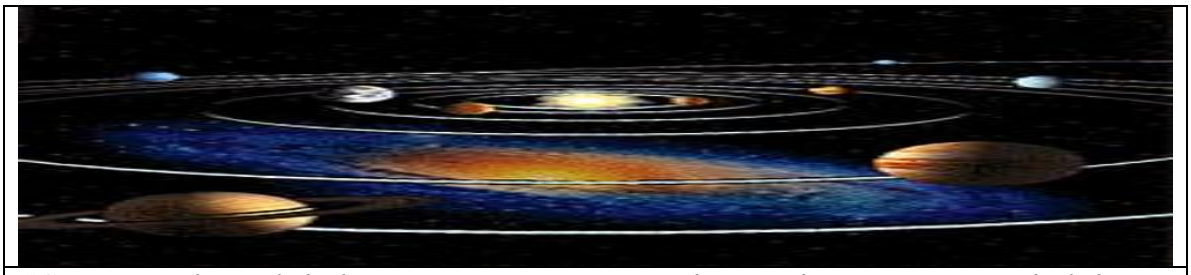
… La 15 noiembrie 2001 agenţiile de ştiri anunţau că cea mai mare parte a celor peste 11 000 de fotomultiplicatori ai Super-Kamiokande (care confirmase în 1998 că neutrinii au masă) au implodat, probabil din cauza unei prea mari presiuni a apei din ei. Timp de cel puţin un an fizica neutrinilor va fi lipsită de una din cele mai mari instalaţii pe care a avut-o vreodată...

O lună mai târziu, la 13 decembrie, după un experiment care a durat între anii 1993 şi 1998, Universitatea Californiei din Santa Barbara anunţa identificarea, la Laboratoarele Los Alamos, New Mexico, a unui al patrulea tip de neutrin: neutrinul steril. Imposibil de detectat direct şi extrem de dificil de evidenţiat teoretic, numele care i-a fost dat este unul total „justificat": era nevoie de încă un neutrin pentru că oscilaţiile neutrinice sugerează mai mult decât cele două diferenţe de masă posibile cu cele trei tipuri cunoscute dar, pe de altă parte, doar aceste trei tipuri (electronic, muonic, şi neutrinul tau), „participă" la interacţiile slabe tipice. Noul neutrin trebuia deci să fie ...steril! La 19 decembrie 2001, NASA şi NSF (National Science Foundation) anunţau că datele furnizate de telescoapele în domeniul radiaţiilor X permit stabilirea de limite privind caracteristicile acestui nou tip de neutrini –în acelaşi timp un foarte bun candidat pentru materia întunecată! Produşi în prima nanosecundă de viaţă a Universului, aceştia s-ar dezintegra în neutrini uşori şi radiaţii X.

Întregul Pământ suportă în fiecare secundă „duşul" a câteva miliarde de neutrini, provenind de la Soare şi din razele cosmice. Iată cu siguranţă o imagine la care Wolfgang Pauli nu s-a gândit când şi-a imaginat acum mai bine de 70 de ani a propus existenţa acestei particule de la care mulţi aşteaptă acum o adevărată revoluţie a Modelului Standard şi, poate, implicaţii radicale în Astrofizică şi Fizica Energiilor Mari.

4. În câte dimensiuni trăim? În câte lumi?

Întrebarea 3: Există dimensiuni spaţio-temporale suplimentare?



"Cum putem obţine ideile de care avem nevoie pentru a descrie o lume în care intuiţiile deduse din viaţa în spaţiu-timp devin inaplicabile? " (Steven Weinberg: "A unified physics by 2050?")

Cred că sunt obligat să vă previn asupra acestui capitol. Poate că este –ca şi întrebarea pe care o discută- cel mai straniu (exceptând ultimul capitol, dedicat unor subiecte adăugate de mine, cum ar fi călătoria în timp şi civilizaţiile extraterestre, care oricum nu figurează printre cele 11 întrebări). Aceia dintre Dv. aplecaţi mai mult spre fantezie poate nu veţi considera că vi se oferă destulă; aceia dintre Dv. Care sunteţi obişnuiţi cu rigoarea strictă a textul ştiinţific, poate veţi considera că vi se oferă prea mult din această fantezie. Chiar dacă "actorii" principali sunt oameni de ştiinţă de talia lui Hawking, Penrose sau Martin Rees. Un lucru este însă sigur: obişnuiţi în (nu doar "din"!) Matematică cu spaţii cu mai multe dimensiuni, nu ne putem reprima un şoc atunci când avem de contemplat ideea că însăşi lumea în care trăim ar putea de fapt să nu aibă doar cele trei dimensiuni spaţiale pe care i le ştim, plus cea temporală, pusă de Einstein pe picior de egalitate cu celelalte trei. Să aibă mult mai multe. Neavând practic nici o legătură cu intuiţia noastră ca oameni, o asemenea idee şi o asemenea întrebare nu puteau să apară "natural". Mai ales că aici nu este vorba de discuţii filosofice şi/sau psihologice: este vorba efectiv de geometrie.

Cum s-a ajuns totuşi la o asemenea întrebare? Printre altele, din cauza Gravitaţiei. Mai precis, din cauza intensităţii sale extrem de mici în comparaţie cu celelalte trei forţe fundamentale. De altfel, dacă notăm cu 1, în unităţi arbitrare, intensitatea Forţei tari, atunci avem următoarea secvenţă:

Forţa tare - Forţa electromagnetică - Forţa slabă - Forţa gravitaţională =

1/10/ 10^{15}/10^{40} !

Excepţionala "slăbiciune" a Gravitaţiei este inexplicabilă! Doar dacă - ei bine, doar dacă nu cumva există dimensiuni suplimentare ale spaţiu-timpului, dimensiuni la care noi nu avem acces şi nici măcar nu le putem observa! La aceste dimensiuni s-ar putea ca intensitatea Gravitaţiei să fie cu totul alta şi oricum să fie comparabilă cu intensităţile celorlalte forţe, la aceeaşi scară! Se vorbeşte de un total de 11 dimensiuni! Gravitaţia ar fi "repartizată" între toate acestea, ceea ce ar explica faptul că este atât de slabă (spre deosebire de celelalte trei forţe care sunt "repartizate" doar între familiarele trei dimensiuni spaţiale). S-ar putea chiar ca în unele din aceste extra-dimensiuni să nu existe decât Gravitaţia. În acest caz, ca şi în cazul când suspectăm dimensiuni în care legea gravitaţiei se abate de la clasica variaţie cu inversul pătratului distanţei, Gravitaţia însăşi poate fi folosită pentru a "proba" aceste dimensiuni nevăzute de noi.

Dar nimeni nu a reuşit până acum să măsoare gravitaţia între între două corpuri aflate la distanţe mai mici decât 1 mm. Şi se crede că tocmai la aceste distanţe s-ar manifesta dimensiunile suplimentare...

4.1. În câte dimensiuni trăim?

La 20 februarie 2001 se anunţa că o echipă a Universităţii din Washington, condusă de Eric Adelberger, a reuşit să măsoare atracţia gravitaţională între două obiecte aflate la o distanţă de doar 0,2 mm (comunicarea a fost făcută în bine cunoscuta şi exclusivista *Physical Review Letters*). Concluzia: dacă există noi dimensiuni, ele sunt probabil ascunse la o scală încă şi mai redusă decât această dimensiune. Cum s-a ajuns aici?

Experienţa constă în suspendarea unui pendul de torsiune (un inel orizontal de aluminiu, gros de 2 mm şi cu un diametru de 55 mm), la 0,2 mm deasupra unui disc orizontal de cupru –denumit "*atractor*"- care se roteşte lent. Pendulul şi atractorul sunt fiecare străbătute de zece găuri aflate la distanţe egale. Pe măsură ce atractorul se roteşte lent, el răsuceşte de zece ori pendulul, corespunzând celor zece "poduri" de cupru dintre găuri, la fiecare rotaţie. Gradul de torsiune, de răsucire, este măsurat cu ajutorul unui laser a cărui lumină este reflectată de pendul şi în felul acesta se poate calcula atracţia între cele două componente ale dispozitivului (pendulul-atractorul). Şi calculul dă o valoare a gravitaţiei conform legii lui Newton: de aici concluzia că, ***dacă există*****, manifestările "stranii" ale gravitaţiei sunt limitate la distanţe mai mici decât cei 0,2 mm care au separat pendulul de discul de cupru!** Nu este o aberaţie să accepţi ideea existenţei unor dimensiuni spaţio-temporale suplimentare, doar că ele trebuie căutate la alte scale, după cum spune şi Eric Adelberger. Şi este nevoie de experimente încă şi mai sensibile pentru a le detecta. Oricum, cum spuneam mai sus, nimeni nu a reuşit până acum (decembrie 2001) să măsoare efecte gravitaţionale la distanţe mai mici de 1 mm, aşa că de ce să nu acceptăm şi sugestia teoriei stringurilor,şi anume faptul că aceste extra-dimensiuni ar fi ***compactifitate*** la o scală dimensională extrem de mică.

4.2. Teorii şi Teoreme

"*Căzând printr-o gaură neagră într-un alt Univers*" este titlul unui articol al lui Stephen Hawking, apărut cu destul de multă vreme în urmă în revista Nature. La acea dată doar cosmologii, fizicienii teoreticieni şi, evident, fanii sci-fi-ului, erau convinşi de existenţa efectivă a găurilor negre. Nici măcar despre o punere în evidenţă observaţională (evident indirectă!) nu se vorbea. Şi totuşi, tocmai aceste găuri negre duc la o concluzie nu doar

fără precedent în întreaga istorie a gândirii omeneşti, dar care nici măcar *a posteriori* nu se poate spune că ar fi fost cât de cât posibilă. Nu voi anticipa totuşi şi vă voi ruga să citiţi în întregime citatul care urmează, dintr-un alt mare matematician şi fizician teoretician al timpului nostru, tot englez ca şi Hawking şi co-deţinător cu acesta al prestigiosului Premiu Wolf. În 1989, Penrose îşi propune –şi ne propune- să ne imaginăm un explorator care se apropie de o gaură neagră şi chiar face pasul final - depăşeşte linia "orizontului evenimentelor". El va "experimenta" curbura spaţiu-timpului (formidabilă aici!) ca pe un efect de maree (*tidal effect*). Ce se va întâmpla? Iată textul lui Penrose : "*...acest efect va fi mic atunci când astronautul trece linia orizontului, deşi probabil suficient de mare pentru a-l face să se simtă oarecum inconfortabil. El creşte însă pe măsură ce astronautul cade spre Gaura Neagră, ajungând infinit în câteva secunde! Şi nu doar că sărmanul astronaut va fi rupt în bucăţi de forţele mareice care cresc cu repeziciune, dar la fel se va întâmpla, într-o rapidă succesiune, cu fiecare moleculă din care este el compus, cu atomii care o constituie, nucleele acestora, chiar şi cu particulele subatomice! 'Scrâşnetul' îşi desăvârşeşte ultimele ravagii. Şi nu doar toată materia este distrusă în felul acesta, dar chiar şi spaţiu-timpul trebuie să-şi găsească sfârşitul! O astfel de catastrofă ultimă este numită* ***singularitate spaţio-temporală****. [...] Acestea sunt concluzii care decurg din ecuaţiile clasice ale Relativităţii Generale în orice împrejurare în care o gaură neagră este formată. Modelul iniţial de gaură neagră al lui Oppenheimer şi Snyder (1939) prezenta o comportare de acest tip. Totuşi, multă vreme, astrofizicienii au întreţinut speranţa că această comportare singulară era un artefact al simetriilor speciale care trebuiau acceptate pentru acel model. [...] Dar speranţele au fost anulate atunci când au devenit disponibile tipuri mai generale de raţionament matematic, oferind ceea a ce astăzi se numesc teoreme de singularitate. Acestea stabilesc în contextul teoriei clasice a relativităţii generale cu surse materiale rezonabile că singularităţile spaţio-temporale sunt inevitabile în situaţii de colaps gravitaţional. La fel, inversând sensul timpului, ajungem din nou la o inevitabilitate, şi anume la cea a unei singularităţi iniţiale spaţio-temporale care acum reprezintă big bang-ul în orice tip de univers în expansiune. Aici, în loc să reprezinte distrugerea ultimă a materiei şi spaţiu-timpului, singularitatea reprezintă crearea de spaţiu-timp şi materie. [...] Există o importantă analogie între cele două situaţii, dar atunci când le examinăm în detaliu găsim că ele nu sunt inversul-temporal exact, una a alteia. Este important de înţeles diferenţele geometrice între ele, pentru că ele conţin cheia originii Principiului doi al termodinamicii.*"

Şi acum vă propun să mai citiţi odată textul lui Penrose şi să ţineţi seama de două elemente: în primul rând aici este vorba de o afirmaţie de putere extraordinară – sfârşitul spaţiului şi al timpului! Nu „simple" catastrofe naturale sau generate de om, nu accidente, nu fatalităţi – anularea celor doi stâlpi pe care este construită însăşi mintea noastră, căci categoriile filosofice fundamentale care ne definesc gândirea sunt spaţiul şi timpul. Şi acestea dispar! Ironie: aşa cum mai înainte spuneam că *nu avem cum să ştim* cât a durat Era Planck, acum şi din aceleaşi motive, nici măcar *nu avem cum să spunem ce se întâmplă de fapt în aceste condiţii când spaţiul şi timpul nu mai există*. Pentru că nu putem gândi, neavând reperele gândirii noastre! În al doilea rând, am selecţionat câteva afirmaţii/observaţii din descoperiri care aparţin exclusiv ultimelor luni (perioada august-octombrie 2001) şi se referă la găuri negre. Ar mai trebui adăugat şi un al treilea element, sau o simplă observaţie, dacă vreţi: toate concluziile lui Penrose **nu** sunt rezultatul unei **interpretări** ci al unei **teoreme**, demonstrate adică după toate regulile unei demonstraţii

matematice. Vă prezint deci textele practic fără nici o intervenţie. Şi fără nici un alt comentariu:

• *De când sunt cunoscute, găurile negre au fost observate absorbind energie. Acum este pentru prima oară când oamenii de ştiinţă au putut observa energie extrasă dintr-o gaură neagră, sub forma unei creşteri extraordinare a intensităţii razelor X înregistrate dintr-o zonă vecină unei Găuri Negre, efect care nu se poate explica altfel decât prin "aprovizionarea" prafului şi gazului cosmic din zona respectivă de către Gaura Neagră [...]*

• *Energia poate părăsi o gaură neagră atunci când aceasta se află într-un câmp magnetic puternic, care exercită un efect de frânare (cum se întâmplă de pildă cu Gaura Neagră din Galaxia MCG-6-30-15)*

• *Gravitaţia în această regiune apare a fi atât de intensă încât spaţiul însuşi (the very fabric of space) se răsuceşte în jurul găurii negre, trăgând liniile de câmp magnetic după ea şi încetinindu-i spinul. [...] Cercetătorii spun că multe galaxii, inclusiv Calea noastră Lactee, au o gaură neagră supermasivă, în centrul lor. O gaură neagră supermasivă conţine masa a milioane de miliarde de Sori comprimate într-o regiune mai mică decât sistemul nostru Solar. Gaura Neagră din MCG-6-30-15 se află la peste 100 de milioane de ani-lumină de Pământ şi are o masă de aproximativ 100 de milioane de mase solare. [...] A fost observată o cunună de raze X a unui gaz de fier deplasându-se cu o viteză de jumătate din viteza luminii în apropierea găurii negre din MCG-6-30-15, în orizontul său al evenimentelor, adică frontiera sa teoretică.*

• *O Gaură Neagră masivă se hrăneşte agresiv cu ce găseşte în vecinătatea sa. Pe măsură ce gazul şi stelele vecine se prăbuşesc în spirală în Gaura Neagră, o mare parte din masa care cade se transformă în energie pură. Totuşi, cercetătorii nu înţeleg exact cu cât timp înainte de dramaticul eveniment toată această materie este mutată din regiunile exterioare ale galaxiei spre regiunea centrală.*

• *(Astronomului Regal al Marii Britanii, Sir Martin Rees) "Devine din ce în ce mai probabil că regulile despre care credeam că sunt fundamentale de-a lungul timpului şi spaţiului, să fie doar nişte regulamente, valabile numai în porţiunea care ne revine nouă. Creaţia începe să apară ca ceva chiar şi mai straniu decât ne-am imaginat". (*Şi tot el*) "Se poate ca legile care guvernează universul să nu se schimbe, dar este o coincidenţă remarcabilă că ele sunt exact cele necesare pentru producerea vieţii. Pare prea simplu pentru a fi adevărat!"*

4.3. Einstein, unificarea, şi cea de a cincea dimensiune

"La o primă privire, îmi place enorm ideea dumneavoastră" (21 aprilie 1919, Albert Einstein, scrisoare către Theodor Kaluza)

Punctul de plecare este nevoia de unificare - ca de atâtea ori în Marea Fizică, cea care ne-a adus şi desigur ne va mai aduce înţelgeri de multe ori profunde şi de încă şi mai multe ori poate neaşteptate. Spun „nevoia" şi nu o simplă „goană" după unificare, pentru că această "performanţă" a Fizicii din care încă mai avem de făcut ultimul pas, este esenţială pentru înţelegerea finală a Naturii. George Uhlenbeck, unul din descoperitorii spinului electronului, îşi amintea într-o discuţie cu Abraham Pais, că în vara anului 1926, când a auzit pentru prima oară de ideile pe care vi le voi prezenta şi eu imediat, a exclamat: "*...când Oskar Klein ne-a spus de ideile sale care nu doar vor unifica ecuaţiile lui Maxwell cu cele ale lui Einstein, ci vor aduce în acestea şi Mecanica Cuantică, am simţit un fel de extaz! Acum vom înţelege lumea!*" Şi nu este nici o exagerare aici. Unificarea „începuse" cu lucrările marelui Hermann Weyl, pornind de la generalizările geometriei lui Riemann, însă "doar" în deja obişnuitul spaţiu patru-dimensional – trei coordonate spaţiale şi una temporală. Imediat, matematicianul Theodor Kaluza propune o nouă unificare, extinzând numărul de dimensiuni! El avea această idee încă din 1919, când o discută cu Einstein, care acceptă să-i "comunice" lucrarea (condiţie indispensabilă pentru acceptarea publicării) la PAW – *Sitzungsberichte der Preussische Akademie der Wissenschaften*- revista Academiei de Ştiinţe a Prusiei, lucru pe care îl şi face, deşi abia în 1921. Lucrarea sa –singura de altfel- este completată în 1926 de Oskar Klein şi aşa apare în fizică "Teoria Kaluza-Klein"[24]. O lume ...cilindrică, în care axa a cincea este preferată. O geodezică ("drumul cel mai scurt") pe această lumea cilindrică poate fi traiectoria unei particule încărcate într-un câmp combinat, electromagnetic şi gravitaţional (Kaluza însuşi demonstrând acest lucru pentru câmpuri slabe şi viteze foarte mici în raport cu viteza luminii, Klein arătând mai târziu că proprietatea este generală şi restricţiile lui Kaluza nu sunt necesare). Extra-dimensiunea, cea de a cincea, din modelul lui Kaluza, este una „compactificată" în jurul unui cerc. Ea oferă astfel tipul de simetrie care generează forţele electromagnetice[25]. Punctul de vedere al lui Einstein faţă de această teorie a fost unul oscilant, a contestat-o şi apoi a lăudat-o, a revenit la ea în 1938 pentru a o abandona definitiv după publicarea a încă două articole, când a pierdut orice speranţă de a găsi o cale de a introduce în ecuaţiile relativităţii (cinci-dimensionale, acum), câmpurile cuantice. Fizicienii nu şi-au pierdut însă niciodată interesul în extra-dimensiuni. Ele au constituit în anii 1980 un instrument matematic pentru studierea ecuaţiilor de câmp (domeniile n-dimensionale, în spaţii definite ca având 4+n dimensiuni, cele 4 fiind obişnuitele dimensiuni spaţio-temporale, considerându-se a fi suficient de mici pentru a nu influenţa în nici un fel proprietăţile fizice ale sistemului!). Despre realitatea efectivă a acestor extra-dimensiuni nu a vorbit în mod serios nimeni până în ultimii câţiva ani.

Şi voi încheia acest subcapitol cu un comentariu mai special. Veţi găsi numele lui Einstein menţionat în legătură cu un fenomen pe cât de spectaculos, pe atât de contestat: aşa numitul Experiment Philadelphia – dispariţia, apariţia la o distanţă de câteva mii de mile şi reapariţia în rada portului Philadelphia a navei Eldridge (o navă care a existat şi

[24] Titlurile celor două articole sunt: "Asupra problemei unităţii în Fizică" şi, respectiv, "Teoria Cuantică şi Teoria Relativităţii cinci-dimensională". Ultimul articol, cel al lui Oskar Klein, a apărut într-o extrem de cunoscută revistă, Zeitschrift der Physik

[25] În cartea sa "Fizica Subnucleară: primii 50 de ani", Antonino Zichichi vorbeşte de 11 dimensiuni "bosonice" ale lumii (10 spaţiale şi una temporală), la care se aduagă 32 de dimensiuni "fermionice". Deci, în total, am trpi în 43 de dimensiuni!

poate mai există în realitate), într-un timp extrem de scurt. Speculând prezenţa lui Einstein în exact aceeaşi vreme (1943), ca angajat al Marinei Americane, s-a spus că de fapt acest Experiment a reprezentat o aplicaţie/o verificare a teoriilor lui Einstein privind unificarea electromagnetismului cu gravitaţia (pe care el de fapt ar fi reuşit-o dar, considerând că nu ar fi încă momentul potrivit să o ofere omenirii, anunţase în schimb ratarea acestui mare vis al său) şi că „mişcările" navei, inexplicabile într-o fizică „obişnuită", au exploatat tocmai existenţa acestor extra-dimensiuni, devenit „vizibile" (a se citi accesibile!) în timpul experimentului. Mai mult, unii autori au speculat existenţa unor articole teoretice extrem de scurte şi relativ confuze mai ales unui neavizat, publicate de către Einstein în perioada premergătoare în aceeaşi PAW. Mi-am luat într-o zi inima în dinţi şi i-am povestit despre Experimentul Philadelphia şi toate acestea Profesorului nostru, Şerban Ţiţeica. ŞI l-am întrebat ce explicaţie ar putea exista pentru publicarea unor asemenea articole într-o revistă care, oricât de serioasă, nu era nici de prestigiul şi mai ales de circulaţia altora din aceeaşi vreme. Împrumutasem de la un coleg un volum cu toate articolele publicate de Einstein. Le-am parcurs de câteva ori – erau două articole scurte, de o pagină, o pagină jumătate de carte. Răspunsul final a fost că, după câte se pare, publicarea unui anumit număr de articole în această revistă era obligatorie pentru a „descărca" obligaţiile membrilor Academiei faţă de instituţia care îi adoptase şi le plătea chiar o indemnizaţie. Nimic altceva nu vreau să spun. Mai ales că la Einstein şi visul său de unificare vom reveni în curând. Oricum, este aproape natural de intuit că problema extra-dimensiunilor este amplificată şi complicată de o problemă care se impune destul de brusc, se poate zice, în anul 2001: să-i spunem, problema extra-lumilor.

4.4. Alternativa 2001

Facem deci un salt de peste o jumătate de secol. Ştim (!?!) că Universul este "neted", cu materia şi energia distribuite uniform pe întinderea lui, nu ştim „de ce este atât de mare", nici de ce are un „început" foarte bine organizat, dar ne aşteptăm la un sfârşit haotic, sperăm ca Gravitaţia Cuantică să fie definitivată şi să fie la fel de „salvatoare" ca Mecanica Cuantică acum 100 de ani în rezolvarea „catastrofei ultraviolete" şi ...ne întrebăm dacă Big Bang-ul a fost în realitate ...o gaură albă!

Alternativa pe care Martin Rees, Astronomul Regal al Marii Britanii, şi alţi cercetători o iau în consideraţie - cel mai notabil dintre ei fiind Stephen Hawking însuşi- este ideea că universul nostru este doar unul dintr-un număr infinit de universuri, în fiecare acţionând legi diferite ale naturii. Unele universuri ar fi formate doar din câteva găuri negre uriaşe; altele nu ar fi decât o masă uniformă de gaz îngheţat. Cum spuneam, un ..."***Multivers***", de fapt, al cărui mod de funcţionare şi evoluţie rămâne încă neînţeles şi controversat. De exemplu, Hawking însuşi este în dezacord cu unii din colegii săi în cea ce priveşte ideea unei întregi serii de Big Bang-uri, pe motiv că aceasta ar "extinde" totul într-un trecut infinit, excluzând astfel posibilitatea unui început. Sau dând o cu totul altă semnificaţie unor noţiuni cum ar fi "începutul" sau "sfârşitul". Iată-l pe Martin Rees:

*"*Devine din ce în ce mai probabil că regulile despre care credeam că sunt fundamentale de-a lungul timpului şi spaţiului, să fie doar nişte regulamente, valabile numai în porţiunea care ne revine nouă.*"*

Împreună cu Stephen Hawking, ale cărui contribuţii la fizica şi matematica secolului 20 –mai trebuie să amintim?!- sunt copleşitoare el a convocat o conferinţă privată la

Cambridge, unde acum peste 300 de ani Newton publica prima teorie a Universului. La această conferinţă, 30 dintre cei mai distinşi astronomi şi cosmologi contemporani au făcut afirmaţia tranşantă că legile care, credem noi, guvernează Universul, inclusiv relativitatea einsteiniană, trebuie rescrise! De ce? În primul rând pentru că legile acestea s-ar putea să fie valabile doar pentru universul nostru, şi nu şi pentru celelalte universuri a căror existenţă nu mai este în prezent pusă sub semnul întrebării.

"*Se poate ca legile care guvernează universul să nu se schimbe, dar este o coincidenţă remarcabilă că ele sunt exact cele necesare pentru producerea vieţii*", spune Martin Rees. Şi adaugă: "*Pare prea simplu pentru a fi adevărat!*". Alternativa pe care el şi alţi cercetători o iau în consideraţie este ideea că universul nostru este doar unul dintr-un număr infinit de universuri, în fiecare acţionând legi diferite ale naturii.

Ceea ce înseamnă şi acceptarea conceptului propus de Andrei Linde al unei "inflaţii eterne", sau, dacă preferaţi, permanente, adică a unei inflaţii care are loc în mici regiuni ale propriului nostru univers. Rezultatul? Simplu: noi universuri sunt în permanenţă generate de universul nostru! Ceea ce ar rezolva şi aceste "curioase" coincidenţe care au făcut tot timpul ca să avem în Univers exact condiţiile necesare apariţiei vieţii exact aş cum o vedem şi o cunoaştem astăzi! Cum s-au ales însă universurile care există în prezent? "Prin selecţie naturală", spune Lee Smolin de la Universitatea de Stat a Pennsylvaniei. Ca şi în biologie, legile fizice s-au ...modificat "puţin" (orice poate însemna acest lucru) pentru a asigura supravieţuirea universului respectiv. În particular, pentru a permite formarea găurilor negre - modul (cel puţin cel mai simplu şi eficient) de "perpetuare" a unui univers!

Şi încă două întrebări. Prima: "ştiu" aceste universuri-membre-ale-aceluiaşi-multivers unele de altele? Dacă da, atunci acest lucru nu se poate realiza decât într-un singur fel: prin intermediul forţei gravitaţionale, singura care poate fi avută în vedere fără a încălca vreun principiu sau vreo lege a Fizicii, aşa cum le cunoaştem noi la ora actuală. Deci a particulelor elementare care nu au putut fi niciodată puse experimental în evidenţă, gravitonii. A doua: cum a ajuns Universul nostru aşa cum este el, în particular, cum a ajuns să atingă nivelul la care să poată apărea viaţa? Care să evolueze în felul în care a făcut-o, producându-ne pe noi oamenii, cu modul nostru de gândire? Răspunsul vine aici de la un astronom şi cosmolog de la Universitatea din Massachussets, Edward R. Harison: din nou, simplu, şi anume pentru că Universul nostru a fost "proiectat" de fiinţe care ne sunt superioare ca nivel de dezvoltare dar întru totul asemănătoare ca structură a inteligenţei, în primul rând. Acestea ocupând un univers-pereche, "vecin" cu noi în acelaşi multivers.

4.5. Câte lumi există?

În 1981, Paul Davies încă spunea că "*nu există o evidenţă observaţională bine definită a unei găuri negre [...]*" dar că "*Nu există evidenţă pentru vreun mecanism fizic care să pară să separe stelele neutronice şi quasarii de verii lor mai compacţi, găurile negre*" Dar dacă aceleaşi câmpuri gravitaţionale intense care există din plin în jurul nostru şi induc colapsuri gravitaţionale generând găuri negre, ar ajunge să producă **nu** o gaură neagră, ci **"doar" singularitatea, fără orizontul evenimentelor, o "singularitate goală"?!?** Penrose, pentru a evita acest lucru, introduce (iarăşi printr-o teoremă!) existenţa unui ***cenzor cosmic***, care imediat ce apare o asemenea singularitate "o îmbracă" într-o gaură neagră. Şi tot Paul Davies (în superba sa carte „Marginea infinitului”)

spunea: "*Mulţi fizicieni nu se simt de loc bine în ceea ce priveşte ideea unor altor universuri care să se unească cu propriul nostru univers prin interioare de găuri negre şi consideră preferabil să presupunem că toată materia care cade într-o Gaură Neagră va sfârşi în mod necesar atingând singularitatea şi dispărând din spaţiu-timp, deşi teoremele de singularitate nu fac nici o predicţie în acest sens.*"

Cu toate acestea, omul a acceptat ideea existenţei mai multor lumi chiar înainte de a-şi pune problema "singurătăţii" sale într-un Cosmos pe care, după peste două milenii de cercetare, a ajuns să-l cunoască destul de bine. Sau să creadă că aşa este!

"Lumile paralele" au revenit din când în când ca subiect de preocupare ştiinţifică, dar nu au figurat ...pe prima pagină a publicaţiilor de specialitate. Mai mult, nefiind uşor de abordat, el nu se întâlneşte prea des nici în literatura ştiinţifico-fantastică.

Şi iată că din nou ne confruntăm cu un eveniment care demonstrează că realitatea este -nu doar "poate fi"!- încă şi mai spectaculoasă decât orice fanteziei, şi că ştiinţa "are acces" în zone nebănuite. Doi fizicieni (şi subliniem, nu este vorba de articole publicate în reviste literare sau para-ştiinţifice!) emit o ipoteză aproape stupefiantă (ştirea a fost făcută publică în luna martie 2001): Universul nostru conţine un număr infinit de alte universuri, numite "***O-regiuni***", cu care, consideră ei, am putea intra într-o zi în contact.

4.6. Zone rezervate

Cei doi autori, Alexander Vilenkin, de la Universitatea Tufts şi Jaume Garriga, de la Universitatea din Barcelona, care pregătesc un important articol asupra acestui subiect pentru *Revista de Gravitaţie şi Cosmologie Cuantică,* numesc acest concept "Mai Multe Lumi În Una". Ideea lor este că inflaţia, despre care am vorbit mai înainte, a „produs" nu doar mai multe universuri (paralele), ci încă şi mai mult, adevărate universuri, "ascunse" în interiorul propriului nostru univers, deci inaccesibile observaţiei directe. "Simpla idee duce la o serie de concluzii interesante şi tulburătoare". declara recent Alan Guth însuşi Agenţiei UPI, adăugând că îl admiră pe Vilenkin pentru claritatea cu care îşi expune ipoteza şi calificând noua teorie ca o provocare pentru mintea omenească.

Aceste *O-regiuni* ridică însă o problemă majoră. Şi nu voi vorbi despre ceea ce poate fi luat ca o glumă a autorilor, şi anume posibilitatea ca în asemenea regiuni să se găsească „copii" ale existenţelor noastre, poate cu alte „soluţii" la problemele noastre existenţiale şi politice, ci de *profundele implicaţii filosofice* ale existenţei unor universuri paralele în interiorul propriului nostru Univers.

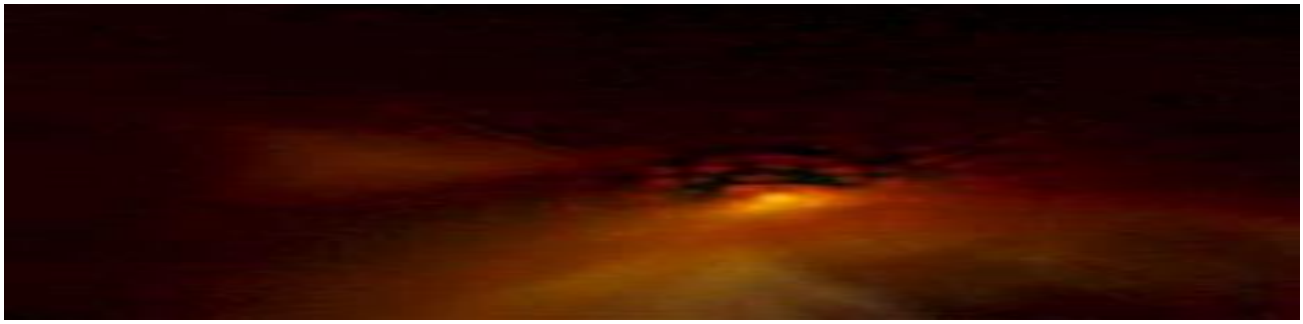
Alan Guth însuşi comentează asupra consecinţelor ipotezei Vilenkin-Garriga: "*Ştim că planeta noastră nu este decât un fir de praf într-un vast Cosmos, dar acum ni se spune că nu avem nici măcar copyright-ul propriilor noastre identităţi. De fapt, ni se spune că fiecare din noi suntem doar un exemplar dintr-o serie infinită de fiinţe absolut identice cu noi înşine.*"

Problema este departe de a fi una banală, pentru că va trebui probabil la un moment dat să revizuim o seamă din punctele noastre de vedere şi părerile privind probleme şi neclarităţi pur ştiinţifice pe de o parte, inclusiv însă probleme, constatări, care cu foarte mare uşurinţă au fost „expediate" în zona paranormalului, de exemplu (dacă nu direct în cea a demenţei clinice) sau în zona mai „moale" a ştiinţelor psihice unde, nu-i aşa, lucrurile pot fi tratate cu mai multă îngăduinţă din punctul de vedere al rigorii ştiinţifice.

Oricum, îngrijorat de câteva mii bune de ani câţi numără existenţa sa conştientă, că s-ar putea să fie singur în Univers, omul se poate trezi cu o problemă exact opusă, şi anume că s-ar putea să "figureze" de fapt în ...prea multe exemplare. Aflate în aceste O-regiuni, zone rezervate, în care accesul ne este interzis. Deocamdată.

4. Cărămizile Materiei

Întrebarea 5: Sunt protonii instabili?



Orice student la o facultate la care se predă fizica şi chiar orice elev din ultimii ani de şcoală ştie astăzi că există doi nucleoni care alcătuiesc nucleul atomic, protonul şi neutronul. Primul a fost însă descoperit în 1914 de către Sir Ernest Rutherford, în timp ce cel de al doilea a mai trebui să aştepte 18 ani, când James Chadwick avansează ipoteza că radiaţia foarte penetrantă şi nedeviată de câmpul magnetic ce se înregistrează la bombardarea beriliului cu particule alfa, este formată din particule fără sarcină electrică, pe care le numeşte neutroni. Mai târziu, când şi fizica nucleară şi cea a particulelor elementare iau avântul pe care îl cunoaştem astăzi, se consideră că cele două particule pot fi considerate ca două "stări" ale unei noi particule, numită nucleon, introducându-se chiar şi o nouă mărime cuantică, izospinul, care să-i distingă. Cu toate acestea, între ei există şi o altă mare deosebire: neutronul este instabil, el dezintegrându-se în mod natural într-un proton, un electron şi un neutrin; protonul în schimb este stabil. El nu se dezintegrează. Mai mult: este singura particulă de materie stabilă. Limita stabilită în teorie pentru viaţa sa este de 10^{32} ani. Pe această calitate, mai curând decât proprietate, a protonului se bazează în întregime stabilitatea materiei, aşa cum o cunoaştem noi, cei care, ca şi orice altă creatură, însufleţită sau nu, din ea suntem clădiţi. A descoperi că şi protonul este de fapt instabil ar însemna o modificare absolut radicală a imaginii pe care ne-am format-o la capătul unor chinuitoare eforturi, despre lume şi despre noi înşine.După ce am schimbat o dată ordinea întrebărilor din Raport, începând cu cea privind originea Universului şi, aşa cum aţi observat din Cuprins, am inclus în acelaşi capitol discuţia privind materia şi energia întunecată, am fost tentat să schimb încă o dată ordinea şi după capitolul dedicat numărului de dimensiuni ale Universului să discutăm celălalt pilon al concepţiei noastre despre Univers: unificarea forţelor fundamentale. Am păstrat însă ordinea şi vom trece în revistă ce ştim astăzi despre proton şi despre acest straniu "univers nevăzut", pregătind şi în felul acesta terenul şi,de ce nu,

atmosfera, pentru marea încercare care ne aşteaptă, şi pe Dumneavoastră ca cititori, dar mai ales pe mine ca povestitor,privind motivele, soluţiile de până acum şi aşteptările legate de unificarea Naturii.

5.1. Ne întoarcem la Modelul Standard

Într-o strălucitoare panoramă a Fizicii Particulelor Elementare, "Particle Physics: the Next Generation" unul din cei mai strălucitori fizicieni teoreticieni ai sfârşitului de veac XX, John Ellis, de multă vreme la CERN, trece în revistă împlinirile, nereuşitele şi aşteptările celei mai „aristocratice" ramuri ale Fizicii, cea care studiază „cărămizile" din care este clădită lumea. Un domeniu care a început de fapt cu descoperirea primei particule elementare, electronul, în anul 1897, de către J.J.Thompson, în acelaşi timp autorul primului model atomic (cunoscut şi sub numele de 'puddingul cu stafide'). A trecut mai bine de un secol deci de când încercăm să înţelegem Universul nu ca un mecanism, nu ca o fiinţă vie, ci ca o structură care a început să se (auto?)clădească cu primele particule elementare care au fost create, pentru a ajunge la toată varietatea de structuri şi super-structuri pe care le cunoaştem astăzi. Cam tot ce ştim în prezent se află rezumat în Modelul Standard. O formidabilă construcţie a intelectului omenesc, care, mai mult, a şi fost testată cam în toate marile laboratoare de fizică de pe glob. Fără să se cunoască, până la ora actuală cel puţin, un rezultat experimental care să-l contrazică!

Spre deosebire de alte domenii, fizica –poate că este chiar mai corect să spunem, fizicienii- manifestă nemulţumire tocmai în aceste situaţii: o teorie, un model care nu (îşi) evidenţiază punctele slabe, zonele de „străpungere" spre o nouă cunoaştere. Cu un nou secol se aşteaptă un nou model, dincolo de Modelul Standard – o nouă teorie a constituenţilor fundamentali ai materiei şi a interacţiilor acestora. Incluzându-l ca pe o limită, aşa cum s-a întâmplat rând pe rând cu toate modelele care jalonează drumul de peste 2 500 de ani al Fizicii.

Să vedem însă unde ne aflăm şi pe unde ar trebui să încercăm să pătrundem dincolo de ceea ce ştim.

Modelul Standard descrie trei dintre cele patru interacţiuni (forţe) fundamentale: electromagnetică, tare şi slabă. Primele, cum am mai spus, sunt descrise de QED-Electrodinamica Cuantică, şi sunt mediate de ***fotoni*** – cuantele de lumină; următoarele de QCD – Cromodinamica Cuantică, şi sunt mediate de particulele numite ***gluoni***, descoperiţi în anul 1979 la marele accelerator de la Laboratorul DESY, de la Hamburg, Germania. Şi fotonii şi gluonii sunt bosoni (au spin întreg, 1) şi nu au masă. În acelaşi an, 1979, Premiul Nobel pentru Fizică se acordă lui Abdus Salam, Seldon Glashow şi Steven Weinberg pentru aşa numita unificare electroslabă, între forţa electromagnetică şi cea slabă[26], ceea ce permite identificarea mediatorilor interacţiei slabe: bosonii intermediari $W^{\pm}$ şi Z^0 (descoperiţi exeprimental la CERN în 1983 de Carlo Rubbia şi Simon van de Meer). Doar că aceştia sunt masivi: au 80, respectiv 91 GeV c^{-2} (pentru comparaţie, masa electronului în aceste unităţi este 0,5 MeV c^{-2}, cea a muonului, „electronul greu" este de 100 MeV c^{-2} şi cea a celui de al doilea electron greu, τ, descoperit în 1975, este de 1 780 MeV c^{-2} unde, vă reamintesc, 1 GeV = 1000 MeV). Cum se face deci că deşi cele trei interacţii fundamentale au structură similară, doar mediatorii uneia din ele sunt atât de masivi?

[26] Două forţe care oricum erau indentice când Universul era mai "tânăr" de 10^{-12} secunde şi avea o temperatură de 10^{16} K.

Pasul următor îl constituie Marea Unificare[27], în care toate cele trei forţe de mai sus sunt una singură. Energii puse în joc aici sunt la doar trei ordine de mărime distanţă de energia Planck -10^{19} GeV- energia la care intensitatea gravitaţiei, cea de a patra forţă, devine dominantă. Şi aici, la asemenea energii şi în contextul unor schimbări atât de radicale în natură, se aşteaptă manifestarea unui nou tip de interacţie fundamentală, care ar duce la **dezintegrarea protonului** şi la neutrini care să aibă masă!

5.2. Aşteptări, dincolo de anul 2010

Descoperirea cea mai aşteptată rămâne desigur cea a bosonului Higgs: particula "fermecată" (unii s-au grăbit să îl numească "particula lui Dumnezeu") care "dă masă" tuturor celorlalte particule (masă a particulei Higgs fiind la rândul său de ordinul a 100 GeV c^{-2} cu un factor de eroare de 2). Cu această ocazie se speră şi realizarea unor surse puternice de bosoni Higgs, care să permită printre altele teste experimentale ale unei proprietăţi nu doar fundamentale, dar şi extrem de interesante a particulelor elementare, supersimetria, adică proprietatea unei clase de perechi de particule în care fiecărui boson îi corespunde un fermion şi invers. Şi după ce ne vom lămuri şi asupra oscilaţiilor neutrinice,asupra limitelor superioare ale maselor neutrinilor şi chiar asupra posibilelor violări de simetrie CP tocmai în oscilaţiile neutrinice, vom putea căuta şi dezintegrările protonului. Aceasta în cazul că Superkamiokande, uriaşul detector de 50 000 de tone, va fi reparat (cum am mai amintit mai sus, el a "explodat" la sfârşitul lui noiembrie 2001, aducând o întârziere pe cât de dramatică, pe atât de nedorită în experimentele cu neutrini).

În ceea ce priveşte viitoarele mari acceleratori de particule, părerea lui John Ellis este că ne îndreptăm spre un accelerator electron-positron de 1 TeV în centrul de masă (ceea ce înseamnă re-crearea condiţiilor din Univers în vecinătatea limitei electroslabe – ca în nota 25), care să fie complementar LHC – Large hadron Collider, cel care va înlocui faimosul LEP – Large Electron-Positron Collider, deja intrat în istorie. Energii încă şi mai înalte însă cer alte acceleratori (nu uitaţi că aceste noi acceleratori nu ne vor fi dus înapoi în timp decât cam până la mijlocul erei hadronice, şi, cum se spune "the best is yet to come", adică, aşa cum aţi remarcat desigur şi din discuţiile de până acum, cele mai tulburătoare şi mai neînţelese fenomene se petrec tocmai în această zonă de timp şi energie!). Un alt tip de accelerator liniar, sau un accelerator muonic, sau un tip superior, unul foarte mare, de accelerator hadronic. Se au de asemenea în vedere ***inele de stocare*** muonice, de-a lungul cărora muonii să fie lăsaţi pur şi simplu să circule, fără să se ciocnească, dezintegrându-se în neutrini – fascicule atât de intense încât să poată fi "trimise" de pe o parte a Terrei pe cealaltă (câteva mii de kilometri), făcând în fine posibile experienţe de detectare a unor posibile violări CP în oscilaţiile neutrinice.

Dar fiindcă subiectul nostru continuă să fie dezintegrarea protonului, s-ar putea ca această să ajungă să fie studiată …pe Lună, unde nu ar mai fi nevoie de ecranările incomplete şi nu foarte eficiente împotriva neutrinilor atmosferici pe Pământ! Cum şi viitoarele studii privind gravitaţia ar fi mari beneficiari ai unor asemenea instalaţii extra-terestre, ne putem aştepta încă în următoarele câteva decenii ca întreg Sistemul Solar să devină un imens laborator de Fizică...

---

[27] GUT- Grand Unification Theory. Momentul din istoria Universului la care are loc este secunda 10^{-35}, când temperatura era de 10^{27} K iar densitatea Universului era încă extrem de mare: 1080 g/cm^3.

5.3. De ce ne preocupă instabilitatea protonului?

Răspunsul poate fi dat foarte simplu. Iată mai întâi două scheme posibile de dezintegrare a protonului, una într-un pion neutru şi un positron (electronul pozitiv), alta, într-un pion pozitiv şi un antineutrino :

$$p \rightarrow \pi^0 + e^+ \qquad\qquad p \rightarrow \pi^+ + \nu^*$$
$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma \qquad\qquad \pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$$
$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu^* + \nu$$

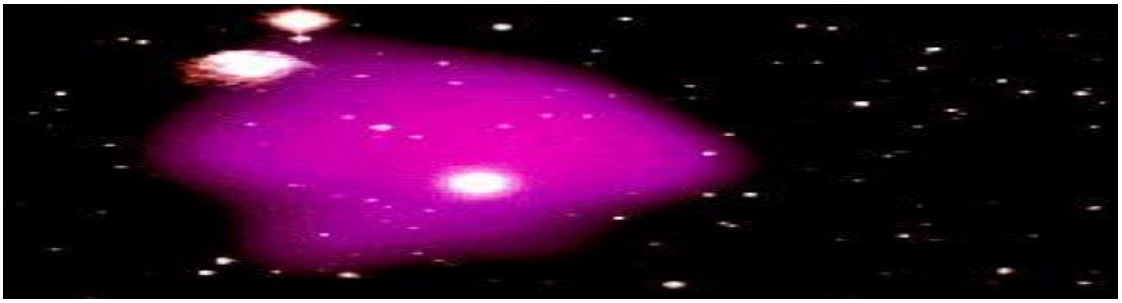
„Produsele de reacţie" sunt la rândul lor instabile, aşa că în final vom avea doar particule gamma (adică fotoni), neutrini şi positroni şi electroni, antiparticulele lor, care imediat vor intra în reacţii de anihilare, generând la rândul lor alţi fotoni. Cu alte cuvinte, dacă **şi** protonul ar fi instabil, atunci cu adevărat **nu ar mai rămâne nici un hadron stabil[28] !**. Mai devreme sau mai târziu. Ca atare, nu doar că nu ar mai exista nici un corp, nici o particulă de materie, dar întregul Univers ar fi compus doar din fotoni şi neutrini!

Iată de ce se contemplează uneori cu aprehensiune o asemenea posibilitate. Alteori, este drept, se consideră că validarea dezintegrării protonului (o schemă care poate fi şi mai complicată, incluzând şi mezonii K, cei care oricum au devenit celebri prin experimentele care au demonstrat violarea simetriei la inversia temporală) nu doar că ar fi un eveniment de-a dreptul istoric (calificarea lui John Ellis!) în Fizică, dar ar permite înţelegeri probabil neaşteptate atât în Cosmologie, cât şi în Fizică. Printre care răspunsul la enervanta întrebare "de ce în Universul nostru (*cer scuze pentru că nu am rezistat să nu folosesc posesivul*) materia domină antimateria?" şi furnizarea unei ultime evidenţe experimentale pentru existenţa unificării tuturor celor patru forţe din Natură.

6. Veriga lipsă

Întrebările 1 şi 4: Ce estre materia întunecată? Care este natura energiei întunecate?

[28] Hadroni – particule care interacţionează tare, cum se întâmplă cu cei dou nucleoni, protonul şi neutronul, asigurând în acest fel existenţa nucleului atomic. Dintre hadroni fac parte barionii, particulele grele, şi muonii.



"Imaginaţi-vă un munte, noaptea, pe care ard focuri de tabără. Munţii nu-i vezi–doar focurile... Peste tot vezi un foc, o galaxie care marchează vârful muntelui - o concentraţie de materie întunecată..."	"Energia întunecată, prin faptul că se opune gravitaţiei care face ca materia să se strângă toată la un loc, încetineşte dezvoltarea de structuri în Univers... "
Matthew Colless, The Australian National University	Anthony Tyson, Lucent Technologies' Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey

6.1. Începutul poveştii

...Se situează în anii 1930[29] şi îi aparţine lui Fritz Zwicky. Acesta, astronom născut în Bulgaria, cercetător al novelor şi descoperitor al mai multor Supernove în alte galaxii, este şi autorul ideii că deplasarea spre roşu a liniilor spectrale ale galaxiilor îndepărtate se datoreşte „îmbătrânirii" fotonilor care pierd energie în lungul lor drum prin Univers, precum şi, împreună cu Walter Baade, al teoriei că stelele cu mase de 1,4 ori mai mare decât masa Soarelui (aşa numita limită Chandrasekhar) sfârşesc prin a suferi un colaps gravitaţional, devenind stele neutronice. În timp ce studia constelaţia Părul Berenicei, Zwicky a constatat că nu reuşea să pună de acord datele obţinute din diversele observaţii: avea ..."prea puţină materie". Masa galaxiei nu putea nici pe departe fi explicată cu ceea ce observa el acolo. Şi atunci a emis o ipoteză neaşteptată: cea mai mare parte a masei Universului s-ar afla sub o formă nu doar total necunoscută, ci care nici nu emite nici nu absoarbe lumină şi ca atare nu poate fi observată. O masă ascunsă; o materie ...întunecată. Cantităţile calculate la nivel de Univers din cele două tipuri de particule "grele" (de unde şi numele lor de <barioni>) care alcătuiesc Universul, protonii şi neutronii, nu ajung pentru a-i explica acestuia şi masa. Problema este departe de a fi una simplă, de vreme ce din aceste particule sunt de fapt alcătuiţi atomii, din care suntem alcătuiţi apoi toţi cei care existăm pe lume - de la simple molecule la oameni, de la Pământ la stele şi galaxii.

Cum "se face" însă un univers? O posibilă reţetă cosmică porneşte de la o explozie care ...taie orice legătură cu orice ar fi fost "înainte" (noţiune care nici ea nu are nici un sens în acest context), apoi adaugă câţiva barioni (protoni şi neutroni de pildă), din aceştia construieşte atomi, din atomi molecule, din molecule - stele, planete, fiinţe vii, oameni.

[29] Un an important pentru Astronomie, fiind anul în care Clyde William Tombaugh descoperă cea mai îndepărtată planetă a sistemului Solar, Pluto. Totuşi, până acum câţiva ani doar, nicăieri nu se menţiona observaţia lui Zwicky, care a declanşat una din cele mai febrile căutări din Fizica şi Astronomia graniţei dintre cele două milenii ale noastre...

Aceştia din urmă fiind primii şi singurii (?) care îşi pun întrebări despre însuşi modul în care asemenea lucruri s-au întâmplat şi mai ales despre motivele care le-au generat.

Cunoaştem noi însă într-adevăr materia din care şi noi şi universul care ne găzduieşte suntem compuşi? Surpriza este că se pare că trăim într-un univers compus în cea mai mare parte din forme *nefamiliare* şi mai ales *neidentificate* de materie şi energie! Măsurători recente ale cantităţii de deuteriu (izotopul greu al hidrogenului) din Univers şi teoria sintezei elementelor uşoare în cadrul scenariului Big Bang sugerează că aproximativ 96% din materia şi energia din Univers sunt ***de o formă necunoscută***. "Materia întunecată" se află peste tot, alcătuind în mare măsură masa Universului, dar fiind „întrecută" substanţial de energia întunecată. Componenţii primei trebuie să fie o seamă de "particule exotice", generate în stadiile extrem de aproape de începutul absolut al Universului, când temperatura avea valori inimaginabil de mari. Unul din cele mai stranii lucruri care îi preocupă pe cercetătorii începutului de secol 21 este tocmai acest amestec de materie obişnuită, materie exotică întunecată şi energie întunecată care alcătuiesc lumea noastră. Ce ne scapă? O înţelegere suficientă a principiilor şi legilor fizice pe care se bazează construcţia Universului? Sau aspecte necunoscute ale gravitaţiei şi chiar ale însuşi spaţiu-timpului pe care aceste forme "întunecate" de materie şi energie le-ar putea ascunde?

Şi unde ar trebui să "căutăm" materia întunecată? Existenţa sa este în prezent bine stabilită şi general acceptată efectiv peste tot, de la marile galaxii spirale la cele eliptice, efectele sale fiind cel mai uşor identificabile în clusterele de galaxii (neputând fi "văzută" prin metode obişnuite, prezenţa materiei întunecate este "dedusă" prin efectele sale gravitaţionale asupra altor structuri). Metode foarte bine puse la punct, cum ar fi cea a determinării "îndoirii" razelor de lumină de la galaxii îndepărtate când trec prin dreptul unui asemenea cluster (efectul de lentilă gravitaţională) dovedeşte clar că masa clusterelor este de 100 de ori mai mare decât cea calculată "adunând" masele stelelor care îl compun! Diferenţa - materia întunecată!

Şi atunci se pune cea de a doua întrebare: câtă materie întunecată există de fapt? Forma cea mai directă de evaluare este recurgerea la un fel de ..."inventar cosmic" al tuturor formelor de materie din univers. Şi prima concluzie este că materia întunecată contribuie în proporţie de 35% la densitatea critică a universului. Această valoare se obţine combinând rezultatul de "9 la 1" are reprezintă raportul materie exotică/materie obişnuită în clustere de galaxii, cu amintitul procent de 4% pe care ni-l furnizează nucleosinteza Big Bang.

În orice caz, evidenţa teoretică şi observaţională actuală sugerează un lucru cert: materia întunecată este cea care asigură unitatea Universului, de la cele mai mici galaxii până la structurile cele mai mari identificate până acum în Cosmos. „Masa" principală a Universului nu este formată din materia ...din care suntem făcuţi noi, sau stelele, sau chiar şi alte obiecte cosmice dintre cele mai stranii, ci mai curând din particule rămase din timpul stadiilor celor mai timpurii ale creaţiei. A căror masă totală asigură un Univers plat, cum este cel actual.

Indicii asupra materiei întunecate ne pot oferi atât observaţiile astronomice, cât şi evoluţia structurilor din Univers. Cât despre energia întunecată, ea explică două treimi din densitatea critică a Universului şi, anticipând, este cea care face ca Universul să se afle încă într-o expansiune accelerată.

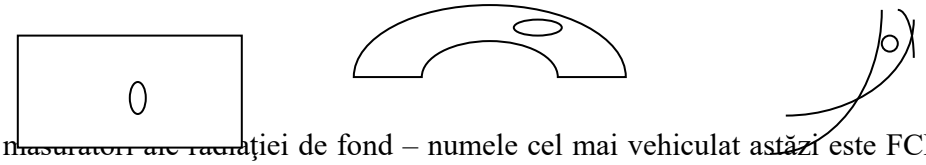
6.2. Originile

Într-un fel, sugestiile extreme privind în special originea energiei întunecate invocă fie energia vidului cuantic, fie extra-dimensiunile spaţio-temporale ale Universului – motiv pentru care ipoteza energiei întunecate a fost declarată de cunoscuta revistă americană *Science* evenimentul ştiinţific al anului 1998, anul lansării sale. Iar speranţele noastre de a înţelege mai bine, prin intermediul său, spaţiul, timpul şi materia, cei trei factori care ne definesc, sunt considerabile. Oricum, amândouă pot fi considerate ca un fel de ... "deşeuri" ale Big Bang-ului.

Într-adevăr, Universul în primele stadii ale existenţei sale poate fi privit ca un fel de superaccelerator "expulzând" în lume particulele care au devenit "cărămizile fundamentale" ale Naturii pe care o cunoaştem noi astăzi. "În vremea aceea" nu exista o preferinţă pentru o familie anume de particule, Universul fiind suficient de "fierbinte" pentru ca acestea să se afle într-o neîntreruptă secvenţă de anihilări particulă-antiparticulă (din care rezultau fotoni) şi re-generări (din aceiaşi fotoni). Pe măsură ce Universul "s-a răcit", s-a înregistrat o uşoară dominaţie a ceea ce astăzi numim "materie" faţă de antimaterie, aşa că prima a supravieţuit şi Universul nostru a ajuns să fie constituit aşa cum îl cunoaştem (şi cum îl trăim). Ea este ceea ce am tot numit mai sus "materia ordinară".

Dar, iarăşi trebuie să repetăm, barionii (printre care familiarii protoni şi neutroni), din care suntem cu toţii constituiţi, nu pot da socoteală ei singuri de o parte foarte mare din masa Universului. Cum am ajuns la o asemenea concluzie?

În primul rând, nucleosinteza Big Bang (teoria, foarte bine pusă la punct şi verificată prin succese notabile, originii elementelor chimice cele mai uşoare) ne permite să calculăm cât reprezintă barionii din masa întregului Univers: 4%. Restul? O formă necunoscută de materie! La care ***trebuie*** să se adauge o formă necunoscută de energie, pentru a explica de ce Universul se află încă în expansiune accelerată. Dar poate că lucrul cel mai de neînţeles este straniul „cocktail" materie obişnuită-materie întunecată-energie întunecată care este Universul actual, ceea ce, în opinia autorilor Raportului, ne duce cu gândul înapoi în timp la epiciclurile lui Ptolemeu. Dar concluzia cea mai importantă este alta: este clar că „ne scapă" o serie de elemente fundamentale ale Fizicii care trebuie să explice Universul! Iar ceea ce noi numim materie sau energie întunecată ar putea fi „semnături" - *signatures*, cum foarte potrivit se spune, ale unor aspecte încă necunoscute de noi ale gravitaţiei sau chiar ale spaţiu-timpului.



În fine, măsurători ale radiaţiei de fond – numele cel mai vehiculat astăzi este FCM, Fondul Cosmic de Microunde (Cosmic Microwave Background) ne oferă indicii la fel de importante, el conţinând o serie de „pete" mai fierbinţi sau mai reci, care după cum universul este, deschis sau închis sunt micşorate sau mărite în raport cu ceea ce se înregistrează într-un univers plat. Dimensiunea acestor pete indică clar un Univers plat! Dar, deşi am ajuns să ştim foarte multe, este clar că avem nevoie nu doar de un surplus, ci de tipuri noi de experimente şi observaţii pentru a ajunge să progresăm în înţelegerea noastră!

6.3. Candidaţii

În ceea ce priveşte materia întunecată, de-a lungul ultimilor ani s-au evidenţiat trei "candidaţi" principali ca particule care să o compună, şi aceasta pentru că ele sunt în măsură să explice multe dintre problemele fizicii particulelor elementare şi în acelaşi timp sunt foarte "eficienţi" ca materie întunecată: neutrinii masivi (care au supravieţuit datorită unui proces "neîncheiat" de anihilare în stadiile timpurii ale Universului), neutralinii şi axionii.

Neutralinii sunt particule cu spin 1/2, cu mase de 50 500 de ori mai mari decât masa protonului (!) şi sunt "perechile" supersimetrice ale fotonului şi la fel de celebrelor particule Z, bosonul intermediar neutru şi bosonul Higgs. Ei nu doar că sunt candidaţi perfecţi pentru materia întunecată, dar şi figurează printre primii a căror identificare experimentală se aşteaptă. **Axionii** în schimb nu se ştie dacă există cu adevărat. Ei au fost "postulaţi" pentru a găsi soluţii pentru o serie de probleme extrem de subtile ale Cromodinamicii Cuantice şi, dacă într-adevăr există, ei trebuie să fi fost produşi în cantităţi extrem de mari în Universul timpuriu, devenind tocmai de aceea un alt candidat favorit al materiei întunecate. **Neutrinilor** le-am dedicat un capitol întreg aşa că nu mai insistăm asupra lor.

Semne ale existenţei neutralinilor au fost înregistrate la laboratorul Gran Sasso, Italia (neconfirmate), într-o linie gamma în zona centrului galaxiei noastre (care ar putea să fie prima dovadă a anihilării unui neutralino, eveniment a cărui intensitate pare a fi accentuată de prezenţa unei găuri negre), dar marile speranţe se pun totuşi în viitoarele acceleratori, cum este Tevatronul de la Fermilab sau LHC de la CERN. În ceea ce priveşte axionii, căutarea lor, recurgându-se la amplificatoare SQUID – ***S****uperconducting* ***QU****antum* ***I****nterference* ***D****evices*- ei sunt căutaţi mai ales în haloul galaxiei noastre, având în vedere că în prezenţa unui câmp magnetic ei produc o slabă radiaţie electromagnetică detectabilă cu ajutorul unei cavităţi de microunde acordabile.

Ne întoarcem la barioni - particulele elementare masive, care interacţionează tare, dintre care cele mai cunoscute sunt protonul (p) şi neutronul (n). Ei pot fi întâlniţi în prezent în stelele vizibile, în gazul interstelar rece şi fierbinte, în stelele "întunecate" (cum ar fi piticele albe, stelele neutronice şi găurile negre) şi, probabil, şi în alte forme. Având în vedere că au putut fi "recenzate" doar stelele vizibile şi gazul rece, ajungându-se astfel la a explica doar o treime din densitatea materiei aşa cum a fost ea dedusă din nucleosinteza Big Bang, restul barionilor sunt consideraţia fi "întunecaţi". Dacă ei există, ar trebui căutaţi în corpurile cereşti şi/sau zonele neexplorate până acum. Şi cum este extrem de greu de a găsi mijloace de pătrundere atât în mediul intergalactic fierbinte cât şi în stele neutronice sau găuri negre, cele mai promiţătoare rămân piticele albe - rămăşiţe nu mai mari decât Pământul ale unor stele bătrâne, având o temperatură la suprafaţă de mai puţin de 4500 K, fiind deci reci.

Şi tocmai legat de ele a venit ştirea primei observări directe a materiei întunecate, în luna martie 2001, când Ben Oppenheimer de la Universitatea Berkley, California şi echipa sa anglo-americană au descoperit în haloul galactic ce înconjoară Calea Lactee un nou tip de "pitice albe", care ar explica o treime din materia întunecată calculată a exista în Univers. Observarea unei populaţii necunoscute până acum a fost posibilă tot indirect, prin aşa numitul efect de microlentilă: lumina de la stele foarte luminoase dar îndepărtate era deviată în drumul său spre noi de o serie de obiecte invizibile aflate în vecinătatea galaxiei noastre - fosile ale unor stele care populau la un moment dat haloul galaxiei.

Observaţiile indică posibilitatea ca în aceste pitice albe ultra-reci să se afle o mare parte a materiei întunecate neobservate încă până acum.

6.4. "Instrumentele"

La 17 decembrie 2001 Associated Press, una din marile agenţii de ştiri ale lumii, anunţa identificarea pentru prima dată a unei microlentile în Calea Lactee, galaxia noastră şi, mai mult, identificarea acesteia ca materie întunecată, rezultate publicate de echipa de cercetători de la Lawrence Livermore Laboratory şi din alte institute cu 11 zile mai devreme în revista Nature.

Cum s-a întâmplat? La începutul anului 1993 s-a observat cum o stea foarte puţin luminoasă în mod normal, făcând parte din Marele Nor al lui Magellan, o aglomerare de stele aflată la aproximativ 150 000 de ani lumină de noi în direcţia constelaţiei Dorada a câştigat brusc în strălucire. Acest lucru a fost posibil datorită unei alte stele, aflate pe aceeaşi linie şi la doar 600 de ani lumină de Pământ, care a acţionat efectiv ca o lentilă, amplificând strălucirea stelei îndepărtate. Cum? Gravitaţia stelei "intermediare" a "îndoit" lumina în drumul acesteia spre noi, de unde efectul de lentilă, care a durat până când cele două stele au părăsit direcţia de-a lungul căreia erau aliniate cu Pământul. Identificarea stelei din Calea Lactee a necesitat aproape doi ani de muncă pe imaginile furnizate de telescopul spaţial Hubble, dar în final B. Paczynski de la Universitatea Princeton a putut estima o probabilitate de aproximativ 80% ca respectiva stea să fie cea care a jucat rolul de lentilă. Dar pentru ca gravitaţia sa să fie suficient de mare pentru a asigura un efect de lentilă sesizabil, explicaţia cea mai plauzibilă este că respectivul corp ceresc este format din materie întunecată.

Acest tip de stele fac de altfel parte din categoria aşa numitor MACHOs - **MA**ssive **C**ompact **H**alo **O**bjects- alături şi de obiecte quasi-stelare, cum ar fi găurile negre sau stelele "nenăscute" încă, adică cele care încă nu au început să emită lumină. Obiectele acestea, împreună cu piticele albe de care vorbeam şi cu altele asemănătoare, pot fi "gazdele" materiei întunecate pe care le căutăm cu atâta îndârjire. Mai este însă nevoie de câţiva ani buni de studiu, de analiză a fotografiilor obţinute graţie marilor observatoare terestre şi spaţiale, pentru a putea fi siguri de afirmaţii. Cosmologia şi Fizica se găsesc, într-un fel, într-o extrem de fertilă perioadă de …pus mâinile în cap din cauza multitudinii de date şi uneori a confuziei care domneşte, care reprezintă însă în mod categoric –ca şi în atâtea alte cazuri din istoria ştiinţei- un preludiu al unor viitoare şi aşteptate modificări conceptuale fundamentale. Care să ducă la clarificări majore nu doar în Cosmologie, ci şi în Fizică. De ce? Pentru că înţelegerea materiei şi energiei întunecate, din care noi toţi, însufleţiţi şi neînsufleţiţi, suntem făcuţi în proporţie de 90%, restul fiind …"banalii" barioni, este de aşteptat să ne spună ceea ce nu ştim încă şi despre soarta Universului, dar şi despre însăşi natura materiei, a spaţiului, a timpului.

Interludiu: ce-i într-un nume?

"What's in a name? That which we call a rose…"
(William Shakespeare, Romeo şi Julieta)

Au existat momente de o reală încărcătură emoţională în istoria Fizicii, chiar şi în cea foarte recentă, când descoperiri sau anunţul unor descoperiri au tulburat efectiv şi oamenii de ştiinţă şi pe ceilalţi. Am avut norocul să asist la câteva din ele: la mijlocul anilor '60 mulţi profesori şi-au întrerupt pur şi simplu cursurile de fizica particulelor elementare pentru a introduce în cursuri

quarcii lui Gell-Mann; nici zece ani mai târziu se întâmpla cam acelaşi lucru cu Grupul de Renormare al lui Kenneth Wilson. Am văzut un profesor care nu preda în nici un caz aceste subiecte dar a anunţat foarte pătruns că ...electronii au culoare, confundând spre deliciul studenţilor un număr cuantic cu acest nume cu calitatea despre care, ca şi despre gusturi, nici măcar nu se discută. Mult mai aproape de noi, cea mai aşteptată particulă din istoria contemporană a Fizicii, bosonul Higgs, a avut parte de un tratament VIP pentru că unul din membrii echipei de la CERN a avut inspiraţia să o numească "particula lui Dumnezeu". Lansarea sau relansarea unor "catch names", cum le spun anglo-americanii, începută de fapt de însuşi Albert Einstein, nu face în fond nimănui rău şi oricum este un fenomen foarte interesant. Materia şi energia"întunecată"se află printre acestea şi au fost şi ele pentru câtva timp, foarte scurt este drept, favoriţii presei. Ceea ce poate să adauge un surplus de interes pentru continuarea discuţiei noastre care acum va pătrunde atât în observatoarele astronomice cât şi în laboratoarele de fizica energiilor mari unde se pot întâlni -chiar dacă anticipăm puţin discuţiile privind energia întunecată - câteva din instrumentele care se folosesc pentru identificarea lor…

Un element esenţial în raţionamentele astronomilor atunci când îşi interpretează datele observaţionale este rata[30] expansiunii Universului. Pentru că, pe de o parte, aceasta depinde de cantitatea de materie din Univers, iar pe de altă parte pentru că expansiunea Universului poate fi "citită" din măsurătorile de distanţe ale corpurilor cereşti în funcţie de deplasările lor spre roşu (*redshsift*-uri). Abundenţa relativă a materiei întunecate, cât şi a energiei întunecate se poate astfel deduce din asemenea măsurători. Rata formării la scară mare a structurilor în Univers este în mod particular sensibilă la cantitatea de energie întunecată şi la proprietăţile acesteia, pentru că procesul de formare implică un colaps al materiei dintr-o anumită zonă, care va duce la apariţia galaxiilor şi clusterelor de galaxii. Odată formate aceste mari structuri, ele devin sensibile la proprietăţile materiei întunecate. Măsurători extrem de precise se aşteaptă în anii care vin de la misiuni spaţiale cum ar fi MAP – Microwave Anisotropy Probe sau Planck care vor urmări în particular "petele" fierbinţi şi reci din fondul de radiaţii, despre care am vorbit puţin mai sus.

Un alt formidabil "instrument" îl reprezintă supernovele, care ne permit să "plonjăm" pur şi simplu înapoi în timp până la redshifturi în jurul lui 2, adică efectiv foarte aproape de început! Observarea lor a furnizat deja indicii foarte puternice ale existenţei energiei întunecate, iar telescoapele viitoare, cu câmp de vedere larg, vor fi esenţiale în a colecţiona noi date şi "cantitatea" de supernove descoperite şi studiate.

Este de asemenea fundamental de rata de creştere a structurilor din Univers, de la primele stele şi galaxii (ceea ce s-a întâmplat când Universul avea o vârstă în jurul a câteva sute de milioane de ani) până la suprastructurile de astăzi. Ce indicaţii putem obţine astfel? Ştim de pildă că materia întunecată fierbinte, cea compusă din neutrini, este/a fost în stadiile timpurii ale evoluţiei Universului, o piedică în calea formării galaxiilor: "participarea" sa la cantitatea totală de materie întunecată este însă sub 10%, din câte reiese din analiza norilor mari de gaz care sunt "văzuţi" în urma absorbţiei luminii care ne vine de la quasarii cei mai îndepărtaţi; efectele de lentilă gravitaţională sunt o altă sursă de informaţii privind cantitatea de materie şi energie întunecată. Dar printre cele mai aşteptate instrumente se află amintitele telescoape cu câmp larg (peste un

---

[30] "Expansion rate" – deoarece "rate" este un substantiv foarte bogat în înţelesuri, ne înseamnând numai *viteză*, ci şi *grad, nivel de, proporţie etc.* voi păstra totuşi traducerea sub forma de "rata de expansiune".

grad) cu camere de luat vederi CCD cu gigapixeli, care vor permite "măturarea" întregului cer în căutarea de supernove (cele de tipul Ia apar în medie câte una pe secundă dar răspândite pe …40 00 de grade pătrate de cer!) şi de materie întunecată în structurile de scară mare.

Date complementare importante sunt însă furnizate de marile acceleratori de particule şi de marii detectori subterani care se află într-o permanentă căutare a tuturor celor trei "candidaţi", adică neutrinii, neutralinii şi axionii.

De asemenea, date importante ne-ar putea parveni de la experienţele care continuă pentru detectarea undelor gravitaţionale, inclusiv posibila indicaţie a existenţei unor forţe –prezise de unele modele teoretice ale energiei întunecate!- mai slabe încă şi decât gravitaţia.

În fine, nu trebuie să uităm când vorbim de "instrumente", atât evoluţia capacităţii de calcul în special pentru prelucrare a datelor furnizate de probele spaţiale –viitoarele generaţii de calculatoare se pot nu doar dovedi decisive, ci şi de o importanţă critică!- cât şi evoluţia teoriei, în particular privind Supernovele de tip Ia.

Tocmai asupra acestora este acum timpul să ne oprim puţin, dar nu înainte de a arunca o privire asupra energiei întunecate.

6.5. Energia întunecată: Intuiţia lui Einstein

Dacă s-ar face un film cu întreaga aventură care a marcat cu surprizele ei, uneori substanţiale, istoria Fizicii de la prima prezentare a Relativităţii Generale până la anunţurile şi ipotezele din anul 2001 privind materia întunecată, ar putea fi intitulat fără nici o ezitare, **"Lambda Force".** Ca în cunoscutele filme de aventuri, emoţia şi suspansul nu fiind în fond cu nimic mai prejos!

Într-un fel, totul provine din "complicaţia" de a avea de a face cu un univers în expansiune. Aceasta înseamnă că distanţele dintre galaxii, de exemplu, cresc mereu, în timp ce distanţele în interiorul fiecărei galaxii rămân aceleaşi. Pentru a exprima acest lucru, vorbim de distanţe (cosmice) şi de "distanţe de coordonate". Cele două sunt proporţionale şi legate între ele printr-o relaţie foarte simplă:

$$\text{distanţa} = R \bullet \text{distanţa de coordonate}$$

R se numeşte "factor de scală". Acum ne putem ..."juca", imaginându-ne universul ca o minge cosmică. La un moment dat, aceasta va avea raza r_0 şi tot la acel moment, factorul de scală va fi şi el R_0. La un moment ulterior de timp, "mingea cosmică" va avea raza $r = r_0 (R/R_0)$. Viteza expansiunii acestei "mingi cosmice" va fi dată de derivata lui r: $v= r_0R'/R_0$. Îmi trebuie această viteză pentru a putea calcula energia cinetică (proporţională cu pătratul vitezei). Şi cum totul are loc ca efect al echilibrului între această energie cinetică şi energia câmpului gravitaţional, obţinem în final ecuaţia $R'^2 = (8\pi G\rho/3)R^2 - k$, unde ρ este evident densitatea "mingii". k este o constantă care apare din procesul de integrare şi R este "ajustat" în aşa fel încât k să aibă valorile 0 sau 1 sau -1: cele trei cazuri corespund (geometric) unui spaţiu plat (deschis) sau unuia sferic (închis) sau unuia hiperbolic (iarăşi deschis).

Aici intervine Einstein. Intuiţia sa (de atâtea ori formidabilă) îl face să adauge încă un termen în această ecuaţie -lucru regretat uneori vehement de către el însuşi, dar constatat ca genial acum. Care astfel devine:

$$R'^2 = (8\pi G\rho/3)R^2 + (\Lambda/3)R - k$$

Acest termen Λ, scris îngroşat în ecuaţie, a fost numit "constantă cosmologică" şi joacă rolul unei forţe. De aceeaşi natură cu forţa gravitaţională. Doar că ea poate fi pozitivă sau negativă. În primul caz, Λ devine o "respingere" cosmică şi se opune gravitaţiei; în al doilea - este o atracţie suplimentară care întăreşte gravitaţia.

Ecuaţia de mai sus şi perechea ei pentru R", deci pentru acceleraţie, au fost descoperite de rusul A. Friedmann şi redescoperite după câţiva ani de abatele belgian Georges Lemaitre (al cărui "ou cosmic" este un adevărat precursor al Big Bang-ului lui Gamow). NU DE EINSTEIN! Care, mai mult, le-a criticat şi în 1923. Şi care a "regretat" tot restul vieţii ideea de a fi introdus "forţat" acest termen în ecuaţii. Trebuia să vină anul 2000 pentru ca alţii să confirme intuiţia pe care el o avusese dar de care se îndoise.

Ce ar putea să fie însă această energie întunecată? S-a vorbit, din nou, despre ...trei candidaţi:

- energia vidului cuantic
- Chintesenţă
- Defecte topologice

Să ne reamintim în primul rând că toate observaţiile actuale indică faptul că Universul este plat, ceea ce înseamnă că densitatea sa este de ordinul de mărime al densităţii critice. Din valoarea sa putem "explica" aproximativ 35% - rămân deci 65% neexplicaţi. Şi valorile sunt aproximativ aceleaşi, fie că estimarea se face din măsurători ale fondului cosmic de microunde ("relicva" începutului), fie din observaţiile asupra supernovelor. Această diferenţă este atribuită energiei întunecate. Care, în momentul de faţă, determină o accelerare şi nu o încetinire a Universului.

Relativitatea Einsteiniană nu elimină posibilitatea unei astfel de forţe repulsive, care să "împingă" şi mai mult şi mai departe corpurile cereşti unele de altele, faţă de ceea ce se întâmplă drept consecinţă a expansiunii "naturale". Este de pildă ceea ce s-ar întâmpla în cazul unei energii elastice. Iar o asemenea energie există în Cosmos: energia vidului cuantic. Sau, din nou, ceea ce Einstein introdusese sub forma termenului/ constantei/forţei lambda! S-a trecut deci la estimarea acestei energii. Numai că valoarea găsită este mult prea mare (de 15^{55} ori mai mare decât valoarea aşteptată). Altă explicaţie ar putea fi existenţa unui câmp de particule necunoscute (pentru care s-a găsit numele poetic de "Quintessence"-"chintesenţă"), ceea ce ar însemna că ne aflăm la începutul unei noi faze de uşoară inflaţie când, ca şi în timpul inflaţiei "originare", are loc o accelerare sensibilă a ratei de expansiune. Sau, de ce nu ar fi vorba de un fel de "încurcătură" (asemănătoare cu încurcătura care se produce când încercăm să descurcăm un ghem de benzi de cauciuc şi când, trăgând de ele, tot ce obţinem este o şi mai mare încurcătură). Încurcătura aceasta "cosmică" ar putea fi a unor "defecte topologice" - consecinţă a unei tranziţii de fază iniţiale din universul timpuriu (sau poate chiar a unei tranziţii de fază din care să se fi născut Universul însuşi). Sau, în fine (cel puţin până acum), de ce nu am începe să "simţim" efectul unor dimensiuni suplimentare ale lumii în care trăim şi care până în prezent au rămas "ascunse"?

De ce ne interesează toate acestea? Răspunsul este destul de simplu: pentru că de natura acestei energii întunecate depinde soarta finală a Universului. Se va dovedi că este într-adevăr energia vidului? Atunci trebuie să fim conştienţi că peste 150 de miliarde de ani (noi am trăit până acum, ca Univers, o zecime din această viaţă), tot ce vor mai putea "vedea" telescoapele, indiferent pe ce galaxie vor fi ele instalate, vor mai fi doar câteva

sute de galaxii, pentru că viteza de îndepărtare a restului galaxiilor va fi atât de mare încât nu vom avea timp să le observăm. Dacă e vorba doar de un nou episod inflaţionar, atunci acesta se va sfârşi, expansiunea Universului va fi din nou încetinită şi galaxiile vor rămâne la locul lor, până când toate stelele îşi vor fi ars rezerva de combustibil. Mult mai interesant este să ne întrebăm de ce (adică ce condiţii speciale din Univers justifică acest lucru) tocmai acum are loc schimbarea de la o fază încetinită la una accelerată în procesul de expansiune, dar răspunsul la o asemenea întrebare este mult mai dificil.

Oricum, toate acestea l-au făcut pe Michael Turner, unul din cei mai mari astronomi contemporani, profesor la Universitatea din Chicago, să spună, cu ocazia identificării în aprilie 2001 a celei mai îndepărtate supernove descoperită până în prezent (10 miliarde de ani-lumină): "*Deşi nu ştim ce este energia întunecată, lucrul de care suntem siguri este că înţelegerea sa ne va furniza indicii cruciale în încercarea de a unifica forţelor şi particulelor din univers şi că drumul spre această înţelegere este marcat de telescoape, nu de acceleratori.*"

Şi nu putem să nu ne gândim că, după ce, prin Teoria sa a Relativităţii şi nu numai, a tulburat omenirea şi ne-a făcut să ne schimbăm aproape în întregime modul nostru de a vedea lumea, Einstein mai face acest lucru încă o dată prin ideea sa că Universul este "plin" cu o forţă de expansiune, numită de el "constantă cosmologică" şi care, respinsă de însuşi autor la început, se dovedeşte a fi fost o intuiţie corectă. Probabil că acolo unde este el acum, Einstein, în stilul său unic, se amuză foarte tare de ceea ce se întâmplă astăzi pe Pământ şi în restul Universului...

6.6. Cum poate gravitaţia lui Einstein să fie repulsivă?

Un corp -oricare- supus gravitaţiei este atras, nu respins. Conform celebrei legi a lui Newton, această atragere este proporţională cu cele două mase care intră în joc şi invers proporţională cu pătratul distanţei (lege care de altfel funcţionează şi în electromagnetism,, deşi acestea două sunt în prezent singurele forţe care "scapă" unificării!). elaborând însă Teoria Generală a Relativităţii, Einstein s-a văzut obligat să ia în consideraţie situaţii în care fie gravitaţia este **foarte** puternică, fie cele două corpuri se mişcă cu viteză foarte mare, fie ….amândouă! În asemenea situaţii neobişnuite, gravitaţia poate fi repulsivă!

Este relativ simplu să ne putem face o imagine a acestui lucru: de câte ori ne gândim la gravitaţie **şi** la Einstein, asociem automat gravitaţia curburii spaţiului, care o generează, neglijând faptul că ea este totuşi o forţă. Mai mult, aici, prin celebra formulă a lui Einstein care leagă masa de energie, energia chiar înlocuieşte de cele mai multe ori masa! Ca atare, imagine completă a gravitaţiei o obţinem aici luând în considerare energia şi încă ceva, şi anume presiunea (de fapt cele trei componente ale presiunii, după cele trei axe), care şi ea generează gravitaţie. Şi acum suntem gata să răspundem, şi chiar foarte simplu: dacă energia **nu** poate fi negativă, presiunea poate! Gândiţi-vă la o simplă bucată de cauciuc! Ca să nu mai vorbim de presiunea negativă a vidului cuantic, care se adaugă astfel energiei (pe care, în cazul unei situaţii normale, ar trebui să o contrabalanseze), dublând-o şi făcând astfel ca vidul cuantic să aibă o energie impresionantă. Numai că de data aceasta nu mai avem de a face cu gravitaţia lui Newton, ci cu cea a lui Einstein, care are trăsături noi… Ceea ce ne duce la posibilitatea de a imagina un răspuns la întrebarea următoare:

6.7. De ce se grăbeşte Universul?

Aţi condus vreodată pe un drum pe care nu întâlniţi nici o piatră kilometrică sau, mai bine zis, există pietre kilometrice, dar pe toate au fost acoperite cu var toate distanţele? Dacă aţi trecut printr-o astfel de experienţă veţi înţelege şi frustrarea astronomilor care au …"cerul plin de stele", dar acestea sunt prea slabe pentru a furniza informaţii suficiente.

Salvarea a venit de la aşa numitele super nove de tip Ia, explozii termonucleare ale unor pitice albe. Acestea au o luminozitate uniformă şi mai sunt şi foarte intense, aşa că au devenit …pietrele kilometrice care marchează drumul de-a lungul căruia astronomii pot "vedea" cum se desfăşoară expansiunea Universului. Şi, din momentul când asemenea observaţii au devenit accesibile tuturor, acum aproximativ 70 de ani, scopul urmărit a fost determinarea efectului gravitaţiei asupra încetinirii expansiunii! (Efect "normal", întrucât acesta trebuia să fie efectul forţei de atracţie care se exercită între corpurile cereşti şi, pe de altă parte, efect a cărui măsurare era esenţială pentru a vedea "punctul" la care am ajuns în evoluţia Universului şi eventual să se poată estima când expansiunea acestuia ar urma …să-şi schimbe semnul). Surpriza a venit însă din partea a două grupuri de cercetători care au descoperit că expansiunea universului ….este accelerată! Aşa s-a dedus şi existenţa energiei întunecate, care trebuie să contracareze prezenţa materiei ("totale", adică şi normale, vizibile, şi întunecate) a cărei tendinţă este de a încetini expansiunea!

Importanţa deosebită a acestei energii întunecate, omniprezentă în Univers (numele I-a fost dat ca un tribut adus lui Zwicky) este legată, aşa cum am explicat mai sus, de însuşi viitorul Universului în care trăim. Problema care rămâne este însă: de ce acum? De ce tocmai în această epocă a vieţii Universului se schimbă decelerarea în accelerare?

Cum ştim cu toţii de la condusul maşinii, afară de cazul (neinteresant) când accelerăm pentru a ne creşte viteza sau pentru a încheia cu succes o depăşire, mai accelerăm, foarte puţin, atunci când schimbăm într-o treaptă de viteze inferioară, când avem nevoie fie să frânăm, fie să folosim mai mult din puterea motorului. Ce ar putea să însemne aceasta însă în cazul Universului întreg? Ca să nu mai spun că nici nu mă gândesc măcar să întreb şi cine schimbă vitezele!

6.8. Supernovele

Anunţul a fost făcut pe 3 aprilie 2001. Astronomii au observat cu ajutorul telescopului spaţial Hubble un fulger venind de la cea mai îndepărtată supernovă cunoscută până acum: SN 1977ff, o ultimă tresărire a unei stele care moare, aflată la aproximativ 11 miliarde de ani lumină de Pământ. Datele acumulate indicau clar: Universul se află, nu de mult timp, într-o expansiune accelerată, aceasta după ce într-o perioadă timpurie a istorie sale, s-a aflat într-o fază decelerată! Pentru ca acest lucru să fie posibil, trebuie ca în Univers să existe, peste tot, o forţă capabilă să se opună gravitaţiei: aşa a fost dedusă existenţa energiei întunecate.

De altfel astronomii semnalaseră încă de acum câţiva ani posibilitatea ca Universul să se afle la ora actuală într-o expansiune accelerată, bazându-se tot pe observaţii de Supernove de tipul Ia, deducând din măsurătorile de redshift cât de rapid se depărtează acestea de Pământ şi putând în plus calcula cum s-a modificat în timp rata de expansiune a Universului. Adam Riess, astronom la Space Telescope Science Institute, cel care a condus recentele observaţii, îşi aminteşte că surpriza a fost atât de mare încât numărul scepticilor a fost foarte mare şi s-au căutat explicaţii/intepretări alternative ale datelor: existenţa unor nori de praf cosmic între supernove şi Pământ, o luminozitate variabilă etc. Dar pentru a confirma aceste noi interpretări, era necesar să se observe alte supernove, încă şi mai îndepărtate. Norocul le-a surâs şi Ron Gilliand a, de la acelaşi institut, a reuşit în 1997 să identifice într-o zonă a cerului cunoscută drept "Hubble Deep

Field" o supernovă care nu exista pe imaginile aceleiaşi zone, luate în 1995. a fost botezată SN 1997ff. Analizele au durat patru ani, până când măsurătorile să confirme distanţa supernovei. Şi dacă redshiftul calculat nu se potrivea cu ipoteza prafului sau cu cea a luminozităţii variabile, el a confirmat perfect ipoteza universului în expansiune accelerată.

De ce? Răspunsul favorit pare să fie că misterioasa energie întunecată, care justifică nu mai puţin de două treimi (!) întreaga masă a Universului şi a cărei gravitaţie este repulsivă şi nu atractivă, este de fapt şi în cea mai mare măsură forţa de gravitaţie a …materiei normale, ceea ce face ca Universul să să-şi continue expansiunea cu o viteză încă şi mai mare (lucru care a început acum 4-8 miliarde de ani, după o fază decelerată, datorită valorii foarte mari a gravitaţiei în Univers).

"Noua forţă" este în mod evident datorată unei energii mai curând decât unei mase, din cauza (Michael Turner) modului în care "umple" spaţiul dintre galaxii. Şi indiferent că ea se datoreşte de exemplu unor particule virtuale care se găsesc în vidul cuantic, sau "vine" din dimensiuni ascunse ale spaţiu-timpului, un lucru este cert, tot după părerea lui Turner: descoperirea sa va fi recunoscută ca una dintre cele mai importante din întreaga ştiinţă în ultimul sfert al secolului 20!

Un ultim comentariu: toată această superbă aventură este şi un exemplu de colaborare ştiinţifică între diferite echipe şi de cât de importantă este disponibilitatea calculatoarelor adecvate. Studiile s-au făcut pe un supercomputer IBM SP la cel mai mare centru nesecret de calculatoare (NERSC). Astrofizicianul Peter Nugent (Laboratorul Berkley), cel care a efectuat analizele, subliniază faptul că "vechimea" supernovei ne permite să aruncăm o privire într-o epocă în care materia era încă relativ densă în Univers, gravitaţia sa determinând decelerarea expansiunii. Redshiftul său este de 1,7. de unde estimarea vârstei sale de 11,3 miliarde de ani. Precedentul record era un redshift de 1,2, adică o vârstă de "doar" 9,8 miliarde de ani, pentru un obiect mult mai puţin luminos decât SN 1977ff. Şi, în fine, mulţumirile trebuie adresate în primul rând lui Hubble: la o asemenea distanţă, un obiect ceresc este prea departe pentru a putea fi vizibil de pe Terra! Numai un telescop spaţial îl poate vedea…

*

* *

"*…cui nu-i place să se joace cu analogii?*" (*Johann Wolfgang von Goethe, Afinităţile Elective*)

Materia întunecată şi energia întunecată formează subiectul a două dintre cele 11 întrebări, numerele 1 şi 4. Şi deşi eu le-am inclus pe amândouă în acelaşi capitol, nu există nici un dubiu asupra legitimităţii prezenţei lor printre marile probleme care se deschid în faţa secolului pe care l-am început. Dacă ar fi să rezumăm în doar câteva cuvinte semnificaţia lor, a le găsi un răspuns înseamnă în acelaşi timp a afla şi cum am început, şi cum vom sfârşi. A alfa de ce suntem alcătuiţi din ceea ce numim noi materie şi nu din "imaginea în oglindă" a acesteia. Mai înseamnă şi că fizicienii, cosmologii, astronomii, matematicienii, nu vor rămâne şomeri pentru încă multă vreme de acum încolo, pentru că este aproape la fel de evident că vor avea nevoie de noi modele şi teorii pentru a putea include aceste două forme de existenţă a materiei în sistemul lor coerent şi consecvent de interpretare a naturii. Amândouă formează "veriga lipsă" care leagă

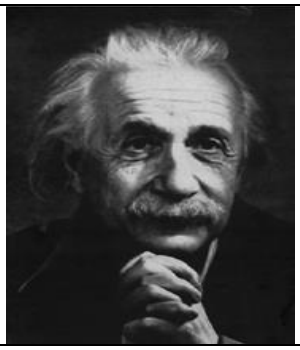
universul de astăzi de universul începutului, care era cu totul deosebit de ceea ce vedem acum în jurul nostru.

Altceva aş vrea să spun însă, şi să vă rog să luaţi în consideraţie: Fizica –la fel cu multe din celelalte ştiinţe- este nu doar un formidabil exerciţiu de gândire, este o realitate paralelă, dacă vreţi, în care (re)găsim practic toate problemele şi nedumeririle din viaţa noastră obişnuită, ca oameni, ca fiinţe sociale, ca posesori ai unui subconştient individual şi participanţi la un inconştient colectiv. Avem un creier de al cărui nivel de dezvoltare suntem foarte mândri: folosim însă cel mult 10% din el! Unde, sub ce formă şi în ce scop există şi funcţionează "partea întunecată" a sa? Organismul nostru este, în anumite condiţii, capabil de acţiuni care sugerează căi speciale de manifestare a unor forţe la fel de speciale, de care nu suntem conştienţi, nici de unele, nici de altele. Ca şi în evoluţia Universului, există o verigă care ne lipseşte încă din lanţul evoluţiei vieţii până la cea mai înaltă formă de organizare cunoscută pe Terra, omul. A dedica câtva timp înţelegerii acestor lucruri, încercării de ale prezenta apoi sub o formă accesibilă practic oricui şi descifrării celor care ne interesează cu precădere, aşa, ţinând în mână o oglindă în care să privim când Universul cel mare din jurul nostru, când celălalt univers, la fel de complicat şi uneori şi mai înspăimântător, care se află înăuntrul nostru, mi se pare în egală măsură o mare sursă de bucurie, o imensă datorie şi, în fond, o remarcabilă sursă de profit.

Dincolo de toate acestea, cum ar fi spus Newton, "se întinde, nedescoperit, imensul ocean al adevărului"…

7.Visul neterminat

Întrebarea 7: A avut Einstein ultimul cuvânt în ceea ce priveşte gravitaţia?

	
…Un vis care a început cu Albert Einstein,	dar nu s-a terminat cu Stephen Hawking…

Punând în scenă la Copenhaga o variantă insolită a lui Faust care prezenta de fapt toate avatarurile Fizicii moderne, cei mai mari fizicieni ai momentului au devenit neaşteptaţi

interpreţi ai nemuritorului Goethe, cu Niels Bohr însuşi ca Dumnezeu şi Wolfgang Pauli pe post de Mephisto explicând că "omul nu trebuie să unească ceea ce Dumnezeu a lăsat să fie despărţit."Abraham Pais, el însuşi un important fizician, nu uită să comenteze însă că replica este mai mult un calambur îndrăzneţ şi mai puţin un adevăr profund. Prima unificare este realizată în anii '70, deşi nu gravitaţia este cea care se uneşte cu electromagnetismul, ci interacţia slabă –o descoperire care cunoaşte verificarea experimentală definitivă în 1983. Celelalte două unificări, cea Mare (Grand Unification), care mai adaugă celor două şi interacţia tare şi cea finală, Superunificarea, care aduce alături de cele trei şi a patra forţă, Gravitaţia, punând astfel capăt –poate! – necunoaşterilor noastre, se întrevăd, deşi, ca şi pe vremea lui Einstein, totul rămâne încă un vis. Poate, aşa cum s-a spus despre visul neîmplinit al lui Einstein de a vedea unite electromagnetismul şi gravitaţia,cele două forţe cunoscute la ora aceea, timpul pentru aceasta nu a sosit încă…

7.1. Triumful unei idei

Ideea unificării I-a venit lui Einstein pe parcursul încercărilor sale de generalizare a Teoriei Generale a Relativităţii. El urmărea prin aceasta două scopuri. Primul era să unească electromagnetismul cu gravitaţia într-o nouă teorie de câmp care să permită obţinerea de soluţii finite (nesingulare, adică în care să nu avem numitori care să se anuleze, ducând la mărimi infinite, care, bineînţeles, nu ar avea semnificaţie fizică) sub formă de particule (o verificare necesară a noii teorii fiind evident "regăsirea" tuturor particulelor cunoscute în Natură!); cel de al doilea era să unifice relativitatea cu mecanica cuantică, punând astfel pe baze solide fizica cuantică. Pentru a ne da seama mai bine de tipul de dificultăţi întâlnite de Einstein în dramatica sa încercare de a realiza această unificare, aş vrea să vă ofer câteva extrase din discuţii sau texte ale sale. Nu le voi comenta (ele sunt de altfel şi prea frumoase şi prea profunde pentru a le strica!). Nu voi face decât să vă invit să urmăriţi în ele principalele două obstacole cu care s-a luptat, *în acest context*, Einstein: cauzalitatea, la care nu era dispus în nici un chip să renunţe şi ..."coexistenţa" elementului continuu (câmpurile) cu cel discret (materia din mecanica cuantică):

- 1954, scrisoare către Michel Besso: "Consider ca foarte posibil ca fizica să nu poată fi bazată pe conceptul de câmp, adică pe structurile continue. În acest caz, *nimic* nu mai rămâne din tot castelul meu clădit în aer, inclusiv teoria gravitaţiei, şi din restul fizicii moderne."
- 1953, Introducere la "Louis de Broglie, fizician şi gânditor": "...ipoteza că o teorie de câmp (clasică) general relativistă ar putea furniza cheia pentru o teorie cuantică mai completă. Aceasta este o speranţă modestă, dar în nici un caz o convingere."
- 1946, Introducere la "Spinoza. Portretul unui erou spiritual." De R. Kayser: "...el era ferm convins de dependenţa cauzală a tuturor fenomenelor într-o vreme când succesul eforturilor de realizare a unei cunoaşteri a relaţiilor cauzale ale fenomenelor naturale era unul destul de modest."
- 1955, martie, cu aproximativ o lună înainte de a muri: "pare dubios ca o teorie (clasică) de câmp să explice structura atomistă a radiaţiei, cât şi fenomenele cuantice. Cei mai mulţi vor răspunde cu convingere, 'Nu', pentru că ei consideră că problema cuantică a fost rezolvată prin alte mijloace. Totuşi s-ar putea să fie. Rămân cu noi cuvintele

reconfortante ale lui Lessing: aspiraţia spre adevăr este mai preţioasă decât certitudinea posesiei sale.”

7.2. Singurătatea unei forţe

Despre gravitaţie s-a spus, încă de pe vremea când era în floare Alchimia şi când marii astronomi îşi câştigau viaţa făcând horoscoape pentru mai marii Curţilor Europei, că este cea mai ocultă calitate a unui corp. Şi cum să nu fie aşa, de vreme ce acolo unde era extrem de clar cum acţionează orice altă forţă, ea, gravitaţia, părea să acţioneze ...fără nici un intermediar. De la distanţă. Apoi a venit Newton şi într-o adevărată străfulgerare de geniu a enunţat legea atracţiei universale şi a oferit şi formula după care să se poată calcula forţa de gravitaţie care se exercită între oricare două corpuri oarecare. Ceea ce nouă ni se par acum lucruri normale, la vremea aceea nu au fost: nu cu totală uşurinţă au pătruns ideile lui Newton, care au avut şi partizani fanatici, şi detractori pe măsură. Oricum, s-a ajuns destul de repede la legea interacţiei electrice care se traduce prin aceeaşi ecuaţie – doar cu sarcinile electrice luând locul maselor corpurilor şi cu o deosebire esenţială, şi anume că de data aceasta forţa putea să fie şi atractivă şi repulsivă şi ...nu mai era o forţă care să acţioneze la distanţă.

V-aţi gândit vreodată că până la jumătatea secolului 20 se cunoşteau doar două forţe fundamentale în Natură (Maxwell dovedise că electricitatea şi magnetismul trebuie unificate în electromagnetism) şi, mai mult, că amândouă se supuneau aceleiaşi legi? Era deci de aşteptat ca Albert Einstein să se simtă, poate ...frustrat de existenţa a <u>două</u> forţe, care satisfac <u>aceeaşi</u> lege, şi să încerce până la sfârşit să le unifice – ceea ce se cunoaşte sub numele de “marele vis al lui Einstein”, sau visul neîmplinit.

Celelalte două forţe, cea tare şi cea slabă, care şi-au făcut intrarea odată cu clarificarea structurii nucleului atomic şi a emisiilor radioactive, s-au dovedit destul de rapid ...”unificabile”. Şi aşa au apărut în Fizică unificările (forţa slabă cu cea electromagnetică) şi marile-unificări (grand-unificările) (forţa tare se adaugă celor două). Dar nu şi super-unificările. Forţa de gravitaţie rezistă şi rămâne într-o superbă izolare. Ea, care, în fond, este de departe cea mai slabă dintre toate.

Dacă datorită lui Einstein am avut parte de o adevărată revelaţie (şi nu am nici o ezitare în a folosi acest cuvânt), şi anume că de fapt gravitaţia este un efect al geometriei, Marea Unificare este cea care prezice apariţia unor noi (tipuri de) interacţii care să facă de exemplu posibilă dezintegrarea protonului şi să dea masă neutrinilor. Forţele fundamentale sunt uneori profund diferite unele de altele – forţa tare, de exemplu, manifestă proprietatea de „libertate asimptotică”, adică este extrem de intensă atunci când particulele (hadronii – particulele care participă la interacţii tari- printre care cei mai cunoscuţi sunt nucleonii şi quarcii) se află la distanţe mari, dar scad dramatic când ele se apropie suficient. Dar teoriile care le descriu (Electrodinamica şi Cromodinamica Cuantică) sunt asemănătoare dintre-un anumit punct de vedere, întrucât ele sunt aşa numite teorii de etalon, adică satisfac un anume tip de simetrie care face ca predicţiile teoriei să nu se schimbe dacă am schimbat sarcinile particulelor sau coordonatele spaţiale (lucru posibil dacă mediatorii interacţiilor sunt bosoni, adică au spin întreg).

Un ultim şi scurt comentariu: tot ce s-a întâmplat în fizica energiilor mari a fost posibil datorită dezvoltării de-a dreptul senzaţionale a acceleratorilor de particule (care au permis astfel obţinerea energiilor suficiente la care să poată fi identificate particulele

prezise în cazul unificării diverselor forţe) şi a tehnicii de calcul (care a permis înregistrarea şi prelucrarea datelor). Indiferent câte forţe încercăm să unificăm, ceea ce încercăm să dovedim (sau chiar să realizăm) de fapt este că aceste forţe sunt diferitele aspecte ale unei singure forţe. Energiile la care asemenea unficări sunt de aşteptat se pot calcula. Marea unificare, între forţa tare, cea electromagnetică şi cea slabă, este posibilă la energii de ordinul a 10^{15}-10^{16} GeV. Dacă vom reuşi să mai câştigăm încă trei-patru ordine de mărime şi să ajungem la 10^{19}GeV, vom ajunge la scala Planck, unde forţa cea mai intensă este gravitaţia. Visul de unificare al tuturor celor patru forţe fundamentale cunoscute în prezent va putea fi atunci împlinit.

Interludiu:Sir Isaac Newton

	Născut de Crăciun în anul 1642,anul morţii lui Galileo Galilei, Newton este cel care a transformat Filosofia Naturală în Fizică şi a realizat prima teorie a gravitaţiei. Fără să insistăm asupra fabuloasei sale biografii, vom spune doar că după ce în anul 1667 devine Fellow al Trinity College, în 1669, hotărât să părăsească Cambridge, Isaac Barrow îl recomandă ca succesor al său la Catedra Lucasiană.

Cea care este deţinută astăzi de către Stephen Hawking! Newton alege ca subiect iniţial pentru cursul pe care era obligat să-l prezinte, cercetările sale de optică.În 1675 scrie "O ipoteză pentru explicarea proprietăţilor luminii", care reprezintă de fapt un sistem general al naturii şi se află la originea uneia din controversele care i-au afectat întreaga viaţă.Hooke îl acuză că i-a furat ideile – un schimb de scrisori de o excesivă politeţe între cei doi rezolvă la suprafaţă problema, dar o răceală cumplită se lăsase asupra relaţiilor lor.Teoria sa a culorilor declanşează însă şi alte conflicte, cel mai notabil fiind cel cu un cerc de iezuiţi englezi din Liège. Schimbul de scrisori durează până în 1678, când Newton suferă o adevărată criză nervoasă, urmată de o cădere care îl va arunca în tăcere şi izolare. Totul accentuat de suferinţa pe care I-a pricinuit-o pierderea mamei. Timp de şase ani se păstrează practic în afara oricăror contacte intelectuale. Chir şi încercări ale unor figuri cunoscute ale vremii de a intra în corespondenţă cu el sunt prompt descurajate.În acest timp însă, se lasă influenţat din ce în ce mai mult de filosofia hermetică (cu care se familiarizase încă din anii studenţiei). Concepţia sa despre Natură suferă o schimbare radicală – nu de puţine ori s-a spus, şi nu de către puţini cercetători ai vieţii şi operei sale, că Newton cel care "reapare" în viaţa publică după 1700 este un cu totul alt om! În particular,el renunţă la mecanicismul profesat ca filosofie standard a secolului 17.Este atras de fenomene şi comportări mai ..."speciale", cum ar fi afinităţile chimice (capacitatea unor substanţe de a reacţiona doar cu anume alte substanţe), generarea de căldură în reacţii chimice, tensiunea superficială a fluidelor, capilaritatea etc. Vorbeşte despre "sociabilitate" şi "nesociabilitate"în relaţiile dintre substanţe – reflexie a simpatiilor şi antipatiilor oculte ale filosofiei hermetice. Susţine, abandonează,

reconsideră eterul şi reuşeşte să reconcilieze mecanicismul cu atitudinea Pitagoreică pentru care natura realităţii era una matematică prin elaborarea noului concept de forţă care permite acţiunea la distanţă.

Este greu poate pentru mulţi să şi-l imagineze pe Newton copiind manuscrise întregi de alchimie – John Maynard Keynes a studiat însă notiţele sale şi le-a caracterizat ca "perfect sănătoase (sane)"; este poate şi mai greu să ţi-l imaginezi în toţi anii săi de secluziune, petrecându-şi zile după zile, timp de atâţia ani, în faţa cuptorului său de alchimist, combinând şi prelucrând materialele brute tradiţionale ale alchimiei: mercurul, argintul, plumbul, sulful. Este poate cel mai greu de acceptat "zvonul" care a străbătut timpul şi care susţine că ar fi fabricat nu neapărat elixirul vieţii, ci o băutură care potenţa capacităţile intelectuale ale celui care o bea, pe care a experimentat-o pe el însuşi, având ca rezultat fulgurantele sale "străpungeri"în teoria gravitaţiei şi, ca revers, o accelerare a procesului de degradare care l-a făcut ca după 1700, timp de 27 de ani, să nu mai dea practic nici o contribuţie semnificativă la ştiinţă… Alături de contemporani precum Robert Boyle, chimist, şi John Locke, filosof, Newton încheie (???) un şir de intelectuali iluştri şi mai ales autentici, începând cu însuşi Aristotel, care au crezut în transmutaţia alchimică a metalelor şi în faptul că Natura este constituită din patru elemente fundamentale – apa, pământul,aerul, focul. Convins după un experiment de a cărui încheiere fusese mulţumit, Newton scrie în unul din manuscrisele sale că era convins că se află în posesia "marelui secret al Alchimiei". Pentru fizicienii şi chimiştii de astăzi,"transmutaţia"metalelor nu este o problemă. Şi chiar dacă nu mai vorbeşte nimeni de patru elemente fundamentale, vorbim cu toţii, inclusiv în cartea de faţă, despre patru forţe fundamentale ale Naturii.Oameni ca Newton au fost mult prea mari şi au văzut mult prea mult şi mult prea departe în cele câteva străfulgerări care le-au fost date în viaţa lor, ca să nu merite să ne oprim din când în când să ne gândim la ce şi la cum au gândit ei…

7.3.Natura Spaţiului şi Timpului - Semnăturile Unificării

Doi dintre cei mai profunzi şi mai speciali gânditori ai Fizicii şi Matematicii de astăzi sunt Stephen W. Hawking şi Roger Penrose (care a şi fost membru în comisia de acordare a titlului de doctor lui Hawking). Legaţi amândoi de Cambridge, locul unde Sir Isaac Newton a trăit şi a creat pentru omenire prima teorie a gravitaţiei, ei au oferit în 1994 o serie de conferinţe pentru marele public, dedicate relativităţii generale – în fapt, asupra naturii spaţiului şi timpului (de altfel şi titlul sub care Princeton University Press a publicat această serie de conferinţe). Prezentarea alternativă a punctelor de vedere ale fiecăruia a amintit de celebrele discuţii de cu peste o jumătate de secol în urmă, între Bohr, al cărui rol şi-l asumă Hawking, şi Einstein, ale cărui poziţie şi stil se regăsesc la Penrose. Iată câteva din punctele asupra cărora s-a purtat discuţia, şi care pleacă în mare măsură de la descoperirea de referinţă a lui Hawking din 1973, că găurile negre, deşi prin definiţie nu fac decât să absoarbă totul, din cauza efectelor cuantice ajung să emită particule[i] (detalii suplimentare, inclusiv câteva estimări numerice elementare se găsesc în Cap. 15). Toată această discuţie ar putea fi aşezată între două întrebări fundamentale: ce se întâmplă cu informaţia "înghiţită" de gaura neagră şi de ce începutul Universului diferă atât de fundamental de sfârşitul său?

- Dacă o gaură neagră emite (conform descoperirii lui Hawking), evaporându-se până când îşi pierde întreaga masă, atunci ea şi pierde informaţie. Cum este această pierdere: irecuperabilă, cum consideră Hawking, sau contracarată de măsurători spontane ale stărilor cuantice incidente, care introduc informaţia înapoi în sistem?
- Descrierea completă a Naturii impune o teorie cuantică a gravitaţiei. Ce se va întâmpla în noua teorie cu simetria la inversia temporală (schimbarea sensului de derulare a timpului): va fi respectată sau, cum consideră Penrose, va fi violată?
- Spaţiu-timpul se curbează sub efectul/din cauza materiei din el (Einstein). Totuşi, există şi o curbare "intrinsecă" (aşa numita curbură Weyl), care este posibilă chiar şi în zone unde nu există materie din cauza prezenţei găurilor negre şi a undelor gravitaţionale. Cum aceste obiecte vor abunda în stadiile finale ale existenţei Universului, spaţiu-timpul va fi în final extrem de puternic curbat, diferind prin aceasta de stadiile timpurii ale formării sale (când curbura Weyl era practic nulă). De aici vine şi diferenţa între stadiul iniţial şi cel terminal ale Universului. Hawking avansează însă ipoteza ne-existenţei nici unei frontiere (*the no-boundary proposal*), care instaurează o "democraţie" totală în Univers, nici un punct al său ne putând fi în vreun fel favorizat.
- Stabilesc într-adevăr găurile negre, cum susţine Hawking, un nou nivel de impredictibilitate în Fizică (care se adaugă celui stabilit de Mecanica Cuantică), prin faptul că ele au **şi** o entropie **intrinsecă** (dată de suprafaţa lor), ducând astfel la o pierdere de informaţie din zona respectivă a Universului? Sau este această pierdere, cum consideră Penrose, neglijabilă în raport cu pierderea înregistrată pe parcursul colapsului respectivului corp cosmic spre stadiul de gaură neagră, făcând astfel ca această incertitudine (Hawking) să fie doar una "complementară" incertitudinii obişnuite (Heisenberg)?
- Săgeata timpului: legile fizicii (aşa cum am avut ocazia să vedem de câteva ori şi pe parcursul capitolelor precedente) sunt simetrice la produsul **CPT** al celor trei operaţii fundamentale, adică **C**- conjugarea de sarcină (schimbarea semnului sarcinii, adică schimbarea din particulă în antiparticulă sau invers), **P** – inversia spaţială, adică schimbarea sensului de parcurgere a axelor de coordonate (schimbarea dreptei cu stânga) şi **T**- inversia temporală, adică schimbarea sensului ("săgeţii") timpului, a trecutului cu viitorul. Ca atare, ecuaţiile singure nu ne pot da nici o indicaţie asupra …zonei de timp în care ne aflăm, de exemplu, trecut sau viitor, pentru aceasta fiind nevoie de examinat aşa numitele "condiţii la limită". Pentru Hawking însă această inversie a timpului duce mai curând cu gândul la …un film rulat de la coadă la cap, în care cănile căzând de pe masă le vezi urcând pe masă, o sticlă care se sparge în mii de cioburi o vezi cum se formează din toate aceste cioburi etc. Doar că aici nu suntem la cinema (dacă aceasta este o afirmaţie acceptabilă!), aşa că rămân o serie de întrebări: cum poate timpul (Universului "nostru") să fie atât de diferit la cele două capete ale sale? De ce perturbaţiile pot fi atât de mici la un capăt şi atât de importante la celălalt? Răspunsul se află probabil în ecuaţiile de câmp şi se poate ca la început să fi existat doar infime fluctuaţii cuantice, care mai târziu "au crescut", dând naştere la galaxiile şi supergalaxiile actuale, urmând ca înspre final să se dezvolte un

> Universul extrem de neregulat, un Univers haotic. Această evoluţie a fluctuaţiilor iniţiale ar fi în acelaşi timp şi factorul care stabileşte săgeata timpului şi care justifică de cea în mod natural o cană cade de pe masă, în loc să se urce singură pe ea. Într-o altă formulare, cea care dă sens timpului este curbura Weyl, care evoluează de la "aproape zero" la "extrem de mare"…

Marile instalaţii experimentale de astăzi, fie că este vorba de acceleratori de particule, sau de instalaţiile amintite, destinate înregistrării unor evenimente singulare, cum ar fi dezintegrări protonice sau monopolii magnetici sau neutrini sau alte particule încă necunoscute, care ar putea alcătui materia întunecată, sunt în acelaşi timp pregătite să înregistreze odată cu acestea şi primele adevărate semnături ale unificării.

7.4. Gravitaţia cuantică

Dacă acceptaţi să reluăm foarte pe scurt argumentele din "suplimentul" inclus în cap. 15, 7.3.A, sub titlul "cum devine vizibilă o gaură neagră", ne vom putea face şi chiar foarte uşor o imagine a ceea ce înseamnă şi de ce este necesară gravitaţia cuantică.

Punctul de plecare este tot Principiul de Incertitudine al lui Heisenberg, aplicat tot energiei şi timpului. Acestea sunt deci legate prin relaţia $\Delta t \bullet \Delta E \cong \hbar$. Dacă $\Delta E = 2\ m\ c^2$, atunci în intervalul de timp permis de principiul de incertitudine vom avea crearea unei perechi de particule de masă m. Timpul definit astfel, $t_c = \Delta t = h/4\pi m\ c^2$, se numeşte "*timp Compton*" şi, după cum se vede, când masa este foarte mică, cum se întâmplă la nivelul particulelor elementare sau/şi în stadiile incipiente ale Universului, acesta are valori foarte mari. În particular, când el devine egal cu un alt timp caracteristic situaţiilor extreme ale materiei, timpul Schwarzschild, definit ca $t_S = 2Gm/\ c^3$, adică atunci când masa are valoarea $m_P = (hc/8\pi G)^{-½} = 10^{-5}$ g şi se numeşte ***masă Planck***. Timpul corespunzător acestei valori este timpul Planck: $t_P = (Gh/2\pi c^5)^{-½} = 10^{-43}$ s. Cum timpul Schwarzschild reprezintă timpul necesar luminii pentru a parcurge raza Schwarzschild, care defineşte domeniul spaţial unde totul se îndreaptă spre soarta ultimă de gaură neagră, înseamnă că "*înainte*" de acest timp Planck, orice ar putea să însemne acest "înainte", fizica "obişnuită", inclusiv relativitatea generală, nu mai funcţionează. Singurele care decid aici sunt efectele cuantice. Pentru această zonă de timp, între zero absolut şi timpul Planck, populată de mini găuri negre, când temperatura Universului este de 10^{32} K iar densitatea sa are uluitoarea valoare de 10^{-43} g cm^{-3}, este nevoie de o **altă** teorie a gravitaţiei: gravitaţia cuantică. Cu ea, când o vom avea, vom fi păşit dincolo de relativitatea einsteiniană.

Cu 20 de ani în urmă, în numărul din decembrie 1983, Bryce de Witt publica în Scientific American (pp. 104-115), un articol dedicat gravitaţiei cuantice, în care găsim una din primele imagini complete ale adevăratei "nebunii" care domneşte în Univers în această perioadă: toată fiind "declanşată" de faptul că în momentul în care curbura spaţiu-timpului se confruntă cu efecte cuantice (generare de particule, manifestări ale energiei vidului), devine ea însăşi un obiect cuantic! Fluctuaţiile câmpului gravitaţional pot ajunge atât de mari încât să producă găuri în spaţiu-timp şi să-i schimbe acestuia topologia! Avem de a face cu un spaţiu-timp cu topologie fluctuantă (termen introdus de J.A.Wheeler), fluctuaţiile putând afecta chiar şi dimensionalitatea macroscopică a spaţiului! La dimensiuni Planck aveam de a face cu o perpetuă agitaţie: găuri de vierme şi

alte stranii şi singulare structuri ale spaţiu-timpului se formează şi dispar, fără a putea spune cât de mult contribuie aceste fluctuaţii topologice la energia vidului sau cum influenţează ele rezistenţa la îndoire a spaţiu-timpului.

Triumfătoare în Universul actual (unde este invocată pentru explicarea stelelor neutronice, găurilor negre sau quasarilor, dar şi pentru corecţiile de flux temporal pe orbitele sateliţilor aflaţi pe orbită, esenţiale pentru GPS – Global Positioning System), Relativitatea Generală a lui Einstein se aşteaptă la modificări majore în domeniul Planck al existenţei Universului! Unde trebuie împlinită o altă faţă a unificării: cea dintre relativitate şi mecanica cuantică. Cum? Poate prin renunţarea la a ignora corecţiile cuantice la ecuaţiile relativiste, şi luând în consideraţie efectele norilor de particule virtuale: particulele create din vid, "pe socoteala" unui împrumut de energie din acesta, insuficient de energice însă pentru a deveni particule reale, "adevărate", şi trăind un timp foarte scurt, suficient însă la scala de timp proprie mecanicii cuantice pentru a-şi "semnala" prezenţa gravitaţională. Şi în orice caz luând în consideraţie amintita radiaţie Hawking care …"redă" mediului, într-un fel, informaţia "înghiţită" din trecut odată cu obiectele care au depăşit orizontul evenimentelor în saltul lor final spre nefiinţă. Se speră că, acceptând paradoxurile pe care deja le întrevedem în acest domeniu, şi rezolvându-le, vom câştiga informaţii esenţiale privind natura cuantică a spaţiului şi a timpului, inclusiv probleme cum ar fi cea a omogeneităţii şi platitudinii Universului. Chiar dacă multe detalii rămânând nerezolvate – în fond, şi Newton a lăsat deschisă problema dimensiunilor şi formei Sistemului Solar!

7.5. Începutul?

Aspectul Universului la începutul existenţei sale pare să fie cel imaginat la începutul anilor '60 de către de Witt şi Wheeler: un univers care curge, un fel de spumă în care se observă mişcarea datorită, acum ştim, fluctuaţiilor cuantice. Cei doi importanţi oameni de ştiinţă ai secolului 20 au scris şi ecuaţiile care să poată servi la calcularea probabilităţii unei anumite configuraţii a spaţiului sau a materiei, dar a le putea rezolva necesită simplificări atât de drastice ale problemei, încât rezultatele nu ar fi teribil de relevante pentru ceea ce aşteptăm de la ele şi în raport cu ambiţiile cercetătorilor.

Ne află în faţa unei probleme fără precedent: ştim cum să mergem înapoi în timp şi să descriem pas cu pas tot ce se întâmplă, până la începutul universului, **dar începutul însuşi, momentul zero, ne este inaccesibil**! Împreună cu întreaga zonă a cosmologiei cuantice, adică zona de "dinainte" de timpul Planck. Modelele "simplificate" existente la ora actuală se datoresc fie echipei Hawking-Hartle, fie şcolii ruse, unde îl reîntâlnim pe Andrei Linde, alături de A. Vilenkin. Primii imaginează/oferă un univers finit în spaţiu şi timp, din care a dispărut deci problema singularităţii iniţiale, un univers fără început şi sfârşit, etern, dar etern cu preţul renunţării la timpul cosmic real, aşa cum ni-l dau fie ceasurile noastre fie cum îl citim pe filmul expansiunii cosmice, al îndepărtării galaxiilor, înlocuit fiind acest timp cu unul imaginar, matematic.

Andrei Linde oferă o …"spumă de Univers", fiecare balon de spumă având propriile sale caracteristici, de la constantele sale fundamentale, la număr de dimensiuni şi dinamică a evoluţiei. Noi, adică Universul nostru, ar ocupa, modest, un loc ca oricare altul, în una din aceste bule de spumă de univers: principiul numit al modestiei, al lui

copernic, care arăta că nu Pământul este centrul lumii, ar fi dus astfel până la limita extremă!

Am început acest capitol vorbind despre asemănările între gravitaţie şi electromagnetism.Cele două diferă însă într-un punct esenţial: gravitaţia este neliniară, întrucât particulele care "transportă" câmpul gravitaţional, încă nedescoperiţii gravitoni, **pot interacţiona cu ei înşişi**, ceea ce **nu se întâmplă în cazul fotonilor**! Care pot interacţiona cu electronii, dar niciodată cu alţi fotoni. Ca atare, gravitonii, în interacţia lor cu materia înconjurătoare, pot forma bucle închise, ceea ce înseamnă pentru fizicieni că vor genera soluţii infinite ale ecuaţiilor de câmp. Iar în mecanica cuantică nu se cunoaşte până în prezent o metodă de a renorma gravitaţia, adică de a elimina aceste infinităţi. Unde este greşeala? În Mecanica cuantică? În Teoria relativităţii? În amândouă? Superstringurile ar putea fi o metodă de evitare a ajungerii la asemenea singularităţi. Energiile la care "putem vedea" aceste superstringuri sunt însă de ordinul de mărime al energiei Planck -adică de un miliard de milioane de ori mai mult decât energiile pe care ni le pot furniza cele mai puternice acceleratori ale momentului! Pe de altă parte, nu există o singură teorie a superstringurilor. Oricum, atunci când se va ajunge la rezultatul final vom avea încă şi mai mult decât a visat Einstein: vom avea o unificare nu doar a tuturor forţelor din natură, ci a tuturor forţelor **şi** a tuturor particulelor din Natură. Şi dacă sunteţi tentaţi să spuneţi că Einstein nici nu s-a gândit la aşa ceva, nu o faceţi: v-aţi gândit vreodată, la rândul dumneavoastră, că pe lângă întrebările la care ştim că nu putem răspunde încă, mai există şi întrebări pe care nici nu ştim măcar că trebuie să ni le punem?

*

* *

De la discuţiile moderne privind viteza luminii şi esenţa celor două teorii ale relativităţii, până la subiecte mult mai "exotice", cum ar fi efectul Einstein-Podolsky-Rosen şi teleportarea sau, şi mai şi, Experimentul Philadelphia, este destul de greu de găsit un domeniu legat de Fizică în care să nu fie invocat numele lui Einstein. Din acest punct de vedere nu este deci nici o surpriză că posibilitatea depăşirii viziunii sale asupra gravitaţiei să fie inclusă în una din " întrebările mileniului". Mai mult, lucrările din ultimii 50 de ani ale unor formidabili matematicieni şi fizicieni teoreticieni indică destul de clar drumul pe care se va înainta şi modul în care va evolua gravitaţia cuantică, în contextul altor "prelungiri" ale Modelului Standard. "Ultimul cuvânt" al lui Einstein privind gravitaţia este doar o ipostază temporală personală a autorului, şi nu o limită a cunoaşterii. Întrebarea care totuşi rămâne este poate alta: de unde această acută nevoie resimţită de oameni pentru o unificare, cum să spun, totală? Şi nu este vorba doar de "o toană" a fizicienilor, pentru că şi în alte domenii, în particular în biologie se caută o asemenea teorie unificată, este drept, într-un sens mai ...omenesc, pentru că ceea ce se doreşte este de fapt o unificare a teoriilor "locale" existente, pe când ceea ce caută Fizica este cu adevărat profund,referindu-se nu la creaţii omeneşti, ci la elementele constitutive a tot ceea ce există, a "tot ceea ce este sus este şi jos" cu se spune în Tabula Smaragdină. De ce însă atâta efort în a reduce toată diversitatea naturii la o unitate atotcuprinzătoare? Adepţi,cei mai mulţi dintre oameni, ai unei religii monoteiste, ne simţim oare pur şi simplu obligaţi să recurgem şi la o cunoaştere/o ştiinţă la fel de

monoteistă? Dar unul din Părinţii bisericii, Sf. Toma d'Acquino,a fost adeptul ideii că există nu una, ci mai multe porţi spre cunoaştere şi fiecare are cheia sa, iar noi trebuie să găsim şi să ştim cum să le potrivim, diferitele chei! Ar mai fi totuşi ceva: ne-am născut într-adevăr ca Univers dintr-un unic grăunte de energie şi informaţie, ceea ce ne-ar face să avem, la nivelul materiei efective, nu al psihicului, nu al moralei, nu al sentimentelor, o con-ştiinţă a acestei origini unice, din care ne-am format progresiv, ca energie pură, ca particule elementare individuale şi libere, ca atomi, molecule, până când am atins treapta de organizare a ceea ce numim astăzi "om"? Este această informaţie primară cea care ne face să căutăm drumul înapoi? Sau poate este vorba de cu totul altceva…

8. Acceleratori în Cosmos?

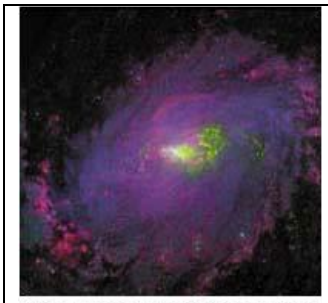
Întrebarea 8: Cum funcţionează acceleratorii cosmici şi ce accelerează ei?

Întrebarea a opta este nu doar una specială, ci şi una oarecum neaşteptată.Încă din anul 1932 când a fost identificată, ştim că ne aflăm în permanenţă sub un "duş" de radiaţie cosmică.Dar dacă sursele de energie din Cosmos nu sunt deci un lucru neaşteptat, existenţa unor asemenea surse cu intensităţi nici măcar visate încă pe Terra, este: ele ajung până la 300 de milioane de TeV, în condiţiile în care energiile marilor acceleratori prevăzute a intra în funcţiune la sfârşitul primei jumătăţi a actualului deceniu (printre care LHC la CERN, Geneva) este de mai puţin de 3 TeV! Mai mult, avem de a face cu adevărate fascicule energetice, care "parcă" ar fi fost "scoase" din nişte invizibile acceleratori cosmice…

8.1. Proiectile din cer

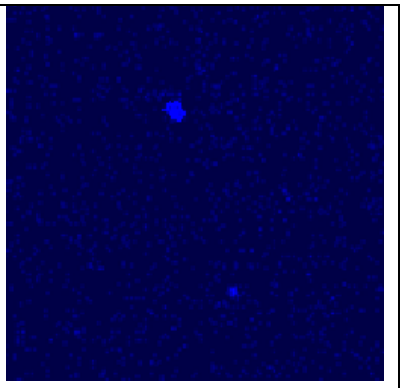
…razele cosmice. Un flux de nuclee atomice de mare energie, în special protoni, care ne sosesc din mediul interstelar şi, poate, chiar din cel intergalactic. Pe lângă razele cosmice *primare*, provenind din spaţiul extra-atmosferic, există şi raze cosmice *secundare*, produse ale interacţiei acestor nuclee cu atmosfera terestră. Studiind devierea lor în câmpul magnetic al Pământului, Bruno Rossi arată (1931) că ele sunt deviate preponderent spre est, deci sunt încărcate, în cea mai mare parte, pozitiv. Distribuţia lor spaţială este izotropă, adică aceeaşi în toate direcţiile, iar intensitatea lor este constantă la înălţimi de peste 50 Km (ea creşte la înălţimi mai mici din cauza prezenţei radiaţiei cosmice secundare). Sursa cea mai importantă a energiei razelor cosmice este energia nucleară: materie stelară "expulzată" la mari distanţe în explozii puternice şi accelerată în câmpurile magnetice interstelare. Există şi fluxuri de raze cosmice emise de Soare, identificabile uşor, pentru că intensitatea lor creşte brusc în timpul erupţiilor solare. Unele din ele, cu energii de ordinul a câţiva electron-Volţi, se crede că sunt accelerate la viteze enorme (aproape de viteza luminii!) de undele de şoc asociate cu explozii de supernove. Alte raze cosmice au energii între $1\text{-}10^5$ MeV. Care poate fi însă originea unor raze cosmice ale căror energii ajung la $3x10^{14}$ MeV?! Asemenea radiaţii nici **nu ar trebui de fapt să existe**, pentru că trebuind să traverseze o adevărată mare de fotoni ai radiaţiei de fond, cu un diametru de aproximativ 100 000 de ani-lumină, radiaţia cosmică ar trebui să-şi piardă energia! Şi cine ar fi componenţii acestei radiaţii? Majoritatea, protoni, probabil, provenind din nuclee galactice active, mari explozii gamma şi, iarăşi probabil, diferite "relicve" ale Big Bang-ului, printre care defectele topologice. Oricum, explicarea originii acestor extrem intense radiaţii cosmice constituie una din cele mai dificile probleme cu care se va confrunta astrofizica secolului XXI. Şi protonii nu sunt singurii: lor li se adaugă neutrini, provenind din dezintegrările de quarci şi gluoni care umpleau Universul

când acesta se afla la stadiul de timp şi energie ale marii unificări, când existau doar gravitaţia şi forţa electro-tare. În fine, mai există şi un al treilea candidat: fotonii gamma de mare energie (de ordinul a 10 TeV), produşi probabil "la nivel local" (altfel ar dispărea în timpul deplasării lor, datorită tendinţei de a se combina cu fotonii infraroşii –lungimi de undă foarte mari- din radiaţia de fond pentru a genera perechi electron-positron) şi fiind foarte probabil produse secundare ale acceleraţiei misterioaselor raze cosmice de mare energie. Raze gamma foarte intense (energii până la 10 TeV) pot fi înregistrate în jeturile nucleelor galactice active. Existenţa lor sugerează şi prezenţa d e particule încărcate de energii de acelaşi ordin de mărime şi, împreună cu exploziile gamma (*gamma bursts*) se consideră că implică deplasări masive de materie în cadrul unui proces de acreţie pe găuri negre masive din vecinătate.



O gaură neagră masivă

Nucleul unei galaxii



KS 1731 – o stea neutronică

8.2. Identificarea

Ca să obţinem informaţie asupra unui accelerator cosmic trebuie să putem măsura energia particulelor accelerate datorită lui, dar şi cea a produselor secundare ale accelerării – fotonii şi neutrinii. Cum să identifici însă care particule sunt într-adevăr cele accelerate? Dificultatea se datoreşte câmpurilor magnetice traversate de aceste particule accelerate, care "încurcă" pe parcurs traiectoriile particulelor (termenul folosit în raport este "*scramble*" cum se întâmplă atunci când se intervine asupra mesajelor care nu dorim să fie înţelese de oricine care ascultă). Se recurge atunci la particulele neutre, în majoritatea cazurilor la fotonii gamma de diverse energii şi la neutrini, care nu sunt deviate în câmp magnetic şi permit astfel urmărirea "înapoi" a traiectoriei, până la sursă. Aceasta cu condiţia ca aceasta să fie suficient de "luminoasă"! La energii foarte mari se poate retrasa chiar şi drumul urmat de protonii acceleraţi – lucru posibil deoarece deformarea traiectoriei unei particule încărcate în câmp magnetic este invers proporţională, cum se ştie, cu energia acesteia şi, în plus, aceşti protoni este neapărat necesar să provină de la surse "locale", altfel ar fi dispărut de mult în urma interacţiei cu fotoni din radiaţia de fond. "Tehnica" folosită este acumularea cât mai multor date de traiectorii, ceea ce permite în final identificarea unei "scheme" şi astfel localizarea sursei. Pasul următor este folosirea sistemelor de detecţie direct din spaţiu a cascadelor de particule de mare energie, o "privire de sus" a atmosferei terestre, ceea ce permite exploatarea zonelor cu o frecvenţă mai mare a evenimentelor şi va permite de asemenea şi observarea unor

cascade orizontale de neutrini, declanşate în adâncurile atmosferei sau chiar în scoarţa terestră.

8.3. Cum funcţionează acceleratorii cosmice?

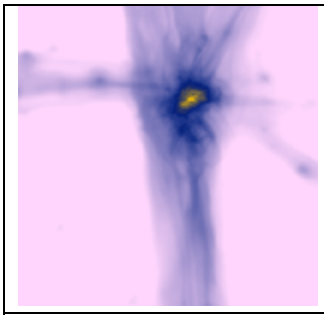
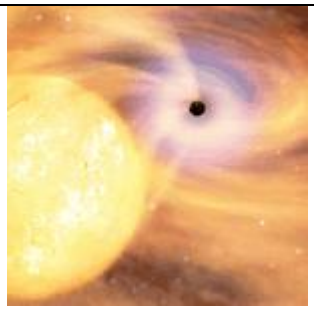
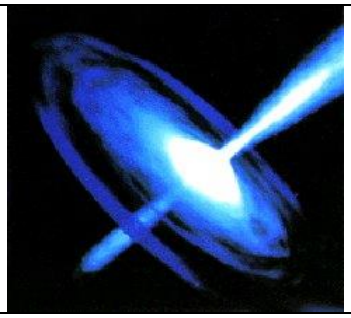
Nu se ştie cu precizie. Poate că sursele de protoni de energii foarte înalte (pentru care, cum spuneam, există serioase motive astrofizice de a considera că sunt generaţi de surse foarte puternice, dar locale) au şi fost identificate în galaxii active sau explozii de radiaţie gamma. Se poate la fel de bine să fie vorba de constituenţi total noi ai Universului, cum ar fi amintitele defecte topologice. Poate fi vorba de un mecanism nou, la care încă nu ne-am gândit, după cum poate fi vorba de un lucru foarte cunoscut, de o "legătură" pe care încă nu am făcut-o.

*

* *

Aveţi în cele trei imagini de mai sus trei dintre "animalele"cele mai stranii din "grădina zoologică" a cerului, care se pot însă dovedi într-un viitor destul de apropiat esenţiale în explicare acceleratorilor cosmice.Cred că merită din când în când să facem câte o pauză încercând să evaluăm starea actuală a cunoaşterii Universului (pe care nu o mai putem concepe decât în conjuncţia Astronomie-Fizică) privind în acelaşi timp la evoluţia celor două ştiinţe.Dacă socotim pe degete şi fiecare deget al nostru reprezintă zece ani, încă ne ajung cele două mâini (şi uneori chiar una singură!) pentru a localiza evenimentele de răscruce, care efectiv au schimbat nu faţa lumii, căci ea tot aceea este, ci faţa gândirii noastre.Întrebarea căreia i-a fost dedicat capitolul de faţă, a opta, este una destul de tehnică, într-un fel şi poate dintre cele mai neaşteptate. Al cărei răspuns, îmi iau curajul să o spun,va fi poate fie unul banal, fie unul extrem de surprinzător…

9. Stări extreme în Univers

		
Trei ipostaze ale unei Găuri Negre	Oricum ar fi însă, "dincolo" de ele	se află stări pe care nu le bănuim...

Întrebările 9 şi 10 sunt întrebări foarte speciale, pentru că ele se referă la Fizică în sine, nu doar la vreunul din domeniile explorate de aceasta sau vreuna din problemele pe care nu le-a rezolvat încă. Importanţa lor este dată de faptul că pun în discuţie un lucru fundamental: avem (avem nevoie de) o singură Fizică, sau mai multe? Şi într-o lume şi într-un timp unde şi când cuvântul de ordine în aproape toate ştiinţele este căutarea unificării (aş spune, cu orice preţ), o asemenea întrebare are într-adevăr o semnificaţie cu totul specială. Există în Univers obiecte "exotice", cum ar fi găurile negre, stelele neutronice, sau, ca să vorbim şi de cele încă nedescoperite, gravitonii sau monopolii, cu proprietăţi care practic nu au nici o legătură cu cele ale corpurilor obişnuite; există, cum vom vedea în capitolul următor, stări speciale ale materiei, care apar şi durează doar cât energiile puse în joc sunt extrem de mari. Întrebare:pentru a descrie asemenea obiecte sau asemenea stări putem recurge la fizica de care dispunem,, sau este nevoie de elaborat o ***altă*** *fizică, una capabilă să facă faţă dificultăţilor sau cel puţin particularităţilor care se manifestă aici?*

9.1. Zoologie cosmică

Beneficiind de o experienţă de peste 30 de ani în care surprizele nu i-au ocolit în ceea ce priveşte descoperirea unor particule elementare dintre cele mai stranii şi neaşteptate, fizicienii au avut mai puţine reţineri în a se acomoda cu stranietatea la sacră …cosmică, cea furnizată de descoperirile astronomilor. Mai ales că în curând aveau să realizeze că între cele două "zoologii", cea a particulelor şi cea a obiectelor cosmice, exista o legătură care, aducându-i din nou într-o singură echipă pe astronomi şi fizicieni, promitea să furnizeze "iluminări" substanţiale în lămurirea structurii şi evoluţiei ambientului cosmic. Deoarece, cum spuneam, de aceste efectiv stranii obiecte sunt legate problemele fundamentale ridicate de întrebarea a noua, vă prezint în continuare foarte pe scurt câteva dintre acestea – ordinea încearcă să respecte cât de cât cronologia descoperirii lor.

9.1.1. Găurile negre Au fost imaginate (fără a li se atribui acest nume) încă de către Pierre Simon, Marchiz de Laplace în Franţa (*Expoziţia Sistemului Lumii*) şi John Mitchell în Anglia acum peste 200 de ani. Formularea lui Mitchell era aproximativ următoarea: „Lumina emisă de un astfel de corp (*unul a cărui densitate ar fi egală cu cea a Soarelui dar raza de peste 500 de ori mai mare*) ar fi forţată să se întoarcă la el prin forţa propriei greutăţi." Numele este dat de John Wheeler în 1968, în articolul „*Universul nostru: cel cunoscut şi cel necunoscut*". Ceea ce ştim astăzi este că orice corp ceresc a cărui rază devine mai mică decât o anumită

valoare (raza Schwarzschild, proporţională cu masa obiectului) este ***condamnat*** să se prăbuşească, să colapseze, cum se spune în argoul fizico-astronomiei, la o singularitate cosmică de densitate infinită. Şi nu există forţă din Natură care să poată opri acest proces! La limită, forţa de gravitaţie devine atât de mare încât nimic, nici chiar lumina nu poate scăpa atracţiei gravitaţionale. De unde, evident, numele de „găuri negre". În jurul lor există un „orizont al evenimentelor", graniţa care separă lumea evenimentelor care nu pot evita anihilarea totală şi cele care îşi pot continua evoluţia. Se consideră însă că ar putea exista şi aşa numite „singularităţi goale", pentru care nu există acest orizont al evenimentelor.

Geometria spaţiu-timpului în regiunea unei găuri negre necesită relativitatea generală pentru a fi descrisă. Înăuntrul unei găuri negre se petrec însă lucruri extrem de ciudate, inclusiv inversarea sensului de curgere a timpului. Gravitaţia fiind atât de puternică, se pune întrebarea dacă nu cumva nici relativitatea Einsteiniană nu mai este adecvată pentru descriere…

9.1.2. Stelele neutronice Acest concept a fost sugerat pentru prima oară în 1934 de către Walter Baade şi Fritz Zwicky (cel care a introdus şi termenul de materie întunecată), vorbind despre obiecte extrem de dense, născute în timpul unor evenimente stelare catastrofice – supernovele (termen care, şi el, le aparţine). Trebuie observat că ideea şi termenul folosit se înregistrează doar la doi ani după descoperirea neutronului de către Chadwick! În 1939, J.R. Oppenheimer şi George Volkoff le studiază în cadrul teoriei relativităţii generale.

9.1.3. Quasarii Primul obiect **QUA**si**S**telar, notat ca 3C273, a fost descoperit de către Alan Rex Sandage la marele telescop de la Mount Palomar în 1960 – un obiect stelar de magnitudinea 16 (deci foarte slab) era identificat în aceeaşi poziţie în care exista deja o radiosursă. Până la ora actuală se cunosc peste 800 de quasari, cu redshift-uri mergând până la valoarea 4, ceea ce înseamnă viteze de depărtare de noi de peste 90% din viteza luminii, precum şi faptul că ei sunt obiectele cosmice cele mai îndepărtate de Terra.

9.1.4. Pulsarii Descoperirea lor se datoreşte în primul rând unei extraordinare insistenţe a proaspăt absolventei Jocelyn Bell, a Universităţii Cambridge. Folosind un mic radio-telescop universitar (într-o perioadă când calculatoarele nu aveau nici pe departe răspândirea şi performanţele de astăzi), folosind înregistrări cu cerneală, ea a prelucrat, alături de alţi studenţi şi absolvenţi, kilometri întregi de asemenea înregistrări, dar a fost singura care a remarcat un semnal slab, dar care nu putea fi explicat nici prin fenomene de interferenţă, nici prin scintilaţii, nici vreun fel de alte cauze naturale. Era un efect care apărea noaptea, imediat ce Soarele cobora sub orizont şi, mai mult, apariţia sa "avansa" cu patru minute în fiecare zi. Nici scintilaţie nu putea să fie, nici un efect de origine umană (ar fi apărut atunci aleatoriu). Când echipele de astronomi au devenit conştienţi de acest semnal şi au început să studieze cu mare atenţie noile surse radio identificate, au descoperit că semnalele respective "pulsau" cu o incredibilă regularitate – de exemplu, unul din primii pulsari, CP 1133 (adică "*Cambridge Pulsar la ascensia dreaptă de 11 h 33 m*") emitea pulsuri radio la fiecare interval de 1, 33730110168 secunde! Erau atât de regulate încât prima bănuială a fost că sunt semnale …emise de extratereştri! De fapt erau emise de stele neutronice aflate într-o rotaţie incredibil de rapidă. Cum s-a spus, adevărate faruri baleind Universul! Descoperirea lor a avut loc în 1967. Un an mai târziu, Thomas Gold avansa ipoteza că pulsarii sunt stele neutronice rotitoare. Premiul Nobel pentru descoperirea lor avea să-l ia Anthony Hewish în 1974, alături de Martin Ryle, răsplătit pentru perfecţionarea radioastronomiei…

Toate acestea, la care se adaugă nucleele galactice active, undele gravitaţionale etc., sunt cu adevărat medii "exotice". Stelele neutronice de pildă, se poate spune că sunt nişte bizare nuclee, cu diametre de 10 Km (!!!) ai căror neutroni sunt formaţi din combinarea electronilor cu protonilor. Sunt obiecte într-o fantastică mişcare de rotaţie, puternic magnetizate care, atunci când masa lor depăşeşte trei mase solare, se transformă inevitabil într-o gaură neagră. Pe suprafaţa unei asemenea stele, o simplă pietricică ar cântări mai mult decât Marea Piramidă! "Coborând" progresiv sub suprafaţa sa, vedem electronii înlocuiţi de pioni, apoi nucleonii (protonii şi neutronii) cedând locul barionilor grei, hiperonii, totul fiind o "condensată", starea specială a materiei pentru care s-a acordat în 2001 Premiul Nobel. Totul mergând şi mai departe, până la realizarea unei plasme de quarci şi gluoni – o situaţie pe care o echipă a acceleratorului de ioni grei relativişti de la Laboratorul Naţional Brookhaven afirmă că ar fi observat-o (21 decembrie 2001). Dacă rezultatul se confirmă, avem primul indiciu al realizării în laborator a unei asemenea stări exotice a materiei.

Problema este deci de a înţelege dacă pentru studiul unor asemenea stări, în care ne confruntăm cu valori inimaginabil de mari (sau schimbări radicale, cum ar fi gravitaţia devenind forţa preponderentă ca intensitate!) mai putem risca să păstrăm aceleaşi concepte de fizică din restul spectrului energetic sau dacă trebuie …să pregătim o nouă fizică. Şi dacă da, cum va arăta aceasta?

9.2. Există limite ale legilor fizice?

În anii '60, la una din seriile Facultăţii de Fizică din Bucureşti, se preda un curs de trei semestre de mecanică teoretică în care era introdus un adevărat sub-curs de teoria elasticităţii. Echivalentul „politehnic" al acesteia este „rezistenţa materialelor". Fără de care nu se poate imagina de pildă construirea unei clădiri. Profesorul nostru, P.P. Teodorescu, spunea la un moment dat că dacă ar fi însă ca vreo construcţie să se ridice aplicând ecuaţiile teoriei elasticităţii, nu am mai ajunge să mai construim nimic... Rezistenţa materialelor reuşeşte însă să „adapteze" matematica şi fizica –în particular legile şi ecuaţiile teoriei elasticităţii- la ...necesităţile curente. Aproximează. Şi, prin încercări succesive, se găsesc şi aproximaţiile acceptabile şi condiţiile în care acestea pot fi aplicate cu siguranţa că rezultatul va putea fi folosit fără grijă. Aşa au ajuns în fond oamenii nu doar „să construiască", ci *să poată* construi, şi case şi acceleratoare de particule, şi drumuri şi poduri, şi telescoape, şi avioane şi platforme spaţiale.

Cele mai multe dintre legile fizicii includ în însăşi elaborarea lor ideea că sunt exacte în limitele teoriei sau modelului în cadrul cărora sunt elaborate. Altminteri, ele sunt oricum aproximative. Devin "exacte" doar pentru că sunt aplicate într-un ambient care, el însuşi, este aproximativ...

Dar: după cum remarcaţi, se vorbeşte despre caracterul aproximativ al legilor fizicii, nu al legilor Naturii! Pe care încercăm "să le ghicim" sub această formă perfectibilă şi …mergând din aproximaţie într-o aproximaţie mai bună. Problema este dacă această secvenţă de aproximaţii este acceptabilă şi în condiţiile extreme pe care Natura le-a generat în zone cum sunt cele ale obiectelor cosmice de mai sus. Ceea ce justifică "dublarea" observaţiilor cosmice cu experienţele din laboratoarele de energii înalte, aceasta pentru a vedea cât este de …"sigură" Fizica pe care o folosim. Făcând acest lucru realizăm concomitent două performanţe: în primul rând "verificăm" dacă este adevărată convingerea noastră că o serie de proprietăţi fizice sunt aceleaşi, indiferent de condiţiile energetice – dacă, de exemplu, vom "deplasa" acelaşi atom de pe Pământ în

zona unei stele neutronice, sau chiar în vecinătatea unei găuri negre, va emite el radiaţie de aceeaşi lungime de undă? Este inutil de accentuat suplimentar cât este de important să ştim acest lucru: dacă el ar fi infirmat, tot ce am ajuns să cunoaştem astăzi despre Univers, s-ar dovedi inutil! Un alt aspect este însă la fel de important: modificând progresiv condiţiile în care testăm legile fizice, ajungem să descoperim legi noi. Exemplul cel mai la îndemână este din nou cel al lui Einstein, care a "descoperit" teoria relativităţii testând legile fizicii la viteze foarte apropiate de viteza luminii! Sau, cum ar fi fost posibilă întreaga fizică a particulelor elementare de astăzi fără acceleratoarele de particule din ce în ce mai puternice, care exact aceasta au făcut, au modificat mereu condiţiile în care au fost testate legile cunoscute ale fizicii? Ele au multiplicat de câteva mii de ori energiile "obişnuite". La nivel cosmic însă, aceste "multiplicări" sunt de sute de milioane de ori! Ce se întâmplă deci efectiv în condiţiile ***acestea*** care sunt acum cele cu adevărat extreme?

9.3. Astrofizică în condiţii extreme

"Laboratoarele cosmice" sunt în marea majoritate a cazurilor, stelele sau …ce a mai rămas din ele. Americanul Henry Norris Russel şi danezul Ejnar Hertzsprung au elaborat în 1913 –independent unul de altul- o diagramă în care luminozitatea stelelor este reprezentată în funcţie de temperatura lor. Pe această diagramă se vede cum majoritatea absolută a stelelor "se aşază" pe o linie centrală, lăsând de o parte doar două grupuri de stele: "deasupra" sunt **uriaşele roşii**; "dedesubt" – **piticele albe**. Acestea din urmă, datorită densităţii lor extraordinare, sunt unul din aceste laboratoare cosmice. Stelele neutronice, "născute" în timpul exploziilor supernovelor, sunt altele. Alături de un alt produs „exotic" al acestor explozii, **exploziile gamma *(gamma ray bursts)***, a căror energie este de ordinul de mărime al energiei pusă în joc de expansiunea întregului univers, când acesta avea vârsta de numai zece milisecunde.

Spectacolul unor asemenea obiecte cosmice este greu de imaginat, depăşind probabil şi cele mai îndrăzneţe fantezii pe care şi le pot permite oamenii de ştiinţă! Materia ajungând într-un asemenea mediu …reporneşte pe un drum care o va conduce la cu totul alte forme de existenţă. Dacă are de exemplu în vecinătatea sa drept companion binar (cu care evoluează împreună) o stea obişnuită, se va forma un "disc de acreţie" care se va roti la viteze apropiate de viteza luminii, emiţând radiaţie X. Dacă este vorba de o stea neutronică singură, la începutul vieţii sale şi rotindu-se rapid, vom avea un pulsar care va emite radiaţie radio şi gamma foarte intensă[i].

Ca să nu mai spunem că nucleul mai tuturor galaxiilor conţine câte o gaură neagră masivă – între un milion şi un miliard de mase solare. Care "aprovizionează" quasarii, hiperactive nuclee galactice, a căror strălucire poate depăşi de câteva zeci de mii de ori pe cea a întregii galaxii care îi găzduieşte.

Este deci justificat să ne întrebăm ce se întâmplă cu Fizica însăşi în asemenea condiţii. La care am putea adăuga mai vechile noastre cunoştinţe, razele cosmice şi neutrinii şi mai ales undele gravitaţionale. Prevăzute încă de către Einstein în 1918, toată lumea ştie că ele există dar nimeni nu a putut furniza până acum dovada incontestabilă a identificării lor.

9.4. Există …mai multe fizici?

Interludiu: de ce nu s-a sfârşit Universul?

Iată o întrebare la care v-aţi aştepta într-o schiţă SciFi sau în cine ştie ce scrieri şi comentarii escatologice. Şi totuşi ea a fost formulată în cadrul unei adevărate nebunii mediatice care s-a lansat în anul 2000 premergător unei experienţe de fizica particulelor elementare, programată la RHIC, Brookhaven National Laboratory, New York. A fost invocat sfârşitul universului chiar şi în comunitatea fizicienilor. Au fost publicate două articole în două dintre cele mai importante reviste de fizică din lume: primul în 1999, în Physics Letters, având printre autori pe binecunoscutul A. De Rujula, intitulat "Ne vor distruge acceleratoarele de ioni grei relativişti planeta?"; celălalt în anul 2000 în Reviews of Modern Physics,având şi el un nume extrem de cunoscut printre autori, pe F. Wilczek, şi purtând drept titlu "O trecere în revistă a scenariilor speculative ale dezastrelor la RHIC". Primul era o analiză a celui mai periculos scenariu posibil la un asemenea accelerator; al doilea arăta erorile primului, cum apăruseră înţelegerile greşite şi care ar fi şansele ca unul din trei tipuri posibile de dezastru să aibă loc. Cele trei scenarii apocaliptice sunt: 1) se formează o gaură neagră sau o singularitate gravitaţională în care se va prăbuşi masa gravitaţională obişnuită, în final întregul Univers fiind înghiţit; 2) se modifică starea de vid a Universului, ceea ce face ca spaţiul şi timpul să devină instabile, să treacă într-o altă stare, iar Universul, aşa cum îl ştim/îl experimentăm noi, să dispară; sau 3) se formează un nou tip de materie stabilă, "stranioara" (o încercare de traducere a englezescului "strangelet"), formată din quarci stranii care, din nou, va înghiţi toate celelalte forme de materie din Univers, inclusiv Universul în sine.

Poate o experienţă de fizică să distrugă Universul?La această întrebare se poate obţine întreaga gamă de răspunsuri imaginabile, de la "în nici un caz", până la "s-ar putea", "foarte improbabil","nu cred" şi "sper că nu". Unii au râs, alţii au reluat un subiect de discuţie de acum câţiva ani şi anume că teama de o asemenea eventualitate a jucat un rol important în acceptarea mult prea rapidă şi fără prea multe comentarii de către fizicieni a sistării lucrărilor la ceea ce ar fi trebuit să fie cel mai mare accelerator din lume, SSC – Superacceleratorul Supraconductor care ar fi trebuit să furnizeze energii de ordinul TeV-ilor. De fapt, într-un fel, toată această discuţie este o foarte bună ilustraţie a întrebărilor 9 şi 10. Este de neconceput a se porni un experiment de fizică fără ca modelul său teoretic să poată prezice cu un suficient grad de confidenţă rezultatul – aceasta ca să nu spunem că nici o experienţă nu se proiectează înainte de a exista teoria pe care să-şi propună să o testeze! Pe de altă parte, cred că din această întâmplare se vede cel mai clar importanţa (şi impactul!) "prelungirii"cunoştinţelor şi căutărilor noastre la regimuri extreme ale parametrilor fizici de control. În rest – se mai observă încă o dată cât de uşor poate un experiment de fizică pe care altfel nimeni nu l-ar fi luat în seamă în afară de fizicieni, să devină eveniment mediatic! Evident că nu mai trebuie să adaug că experimentul a avut într-adevăr loc şi că Universul nu a avut nimic de suferit…

Răspunsul la întrebarea care formează titlul acestei secţiuni nu este nici el uşor de dat. În fond există o fizică a lumii subatomice cu legi specifice, total diferite de cele ale lumii macroscopice, după cum există o fizică "a vitezelor apropiate de viteza luminii", şi ea deosebită de fizica …"noastră". Dar "între" aceste diverse fizici se trece "ajustând" valorile constantelor care intervin în raport cu constanta Planck şi, respectiv, viteza luminii. Mai curând se poate vorbi despre o complementaritate a "fizicilor", în acelaşi spirit în care se vorbeşte despre complementaritate de pe vremea când Niels Bohr introducea acest concept la

Copenhaga: ele sunt diferitele feţe care privesc o realitate în interiorul căreia diferenţele sunt multe şi uneori dramatice.

"Înlocuind" teoria lui Newton, cea a lui Einstein se dovedeşte a fi la rândul său corectă doar în măsura în care efectele cuantice pot fi neglijate. Gradul de precizie al teoriilor (corespondenţa predicţie teoretică-determinare experimentală) în condiţiile pentru care ele au fost create este impresionant: trei la mie pentru Teoria Generală a Relativităţii, după cum s-a estimat în testele recente pentru câmpuri foarte intense, folosind pulsarul binar PSR 1913+16. Problema este însă alta: **dacă** ajungem să formulăm o lege, atunci trebuie să o facem în aşa fel încât indiferent unde, indiferent când, ea să ducă la acelaşi rezultate dacă avem aceleaşi condiţii în care ştim că ea este valabilă. Mai este însă valabilă Relativitatea lui Einstein în zona unei găuri negre?! Fie că este una din …"categoria grea", adică a celor de câteva milioane/câteva miliarde de mase solare despre care spuneam că se găsesc probabil în centrul mai tuturor galaxiilor din Univers, fie că este vorba de categoria celor cu mase de 30 – un milion de mase solare sau chiar unele de "categorie uşoară", cu masă de 5-15 mase solare, care se găsesc de obicei în stelele X binare din Galaxia noastră. Ştim în prezent cum să evaluăm şi masa şi spinul (deci viteza de rotaţie) ale unei găuri negre, dar ne-am dori să putem "prinde" momentul în care un corp ceresc începe să orbiteze în jurul unei găuri negre pentru a "proba" felul în care spaţiul şi timpul sunt "rupte" de forţele infernale puse în joc de gaura neagră. Marea realizare ar fi însă să putem fotografia "direct" o gaură neagră, de pildă prin construirea unui interferometru de raze X spaţial, care ar putea să "vadă" discul de acreţie al unei găuri negre supermasive, fotografiind astfel orizonul evenimentelor al acesteia.

Un alt proiect, care ar permite chiar mai mult decât acesta o testare a relativităţii generale în condiţii cu adevărat extreme, ar fi să surprindem "contopirea" a două obiecte cosmice compacte sub influenţa forţei de gravitaţie, ceea ce ar permite detectarea şi măsurarea directă a undelor gravitaţionale.

Stelele neutronice, la rândul lor, despre care spuneam mai sus că pot fi considerate ca nişte nuclee atomice uriaşe, privite la un nivel superior de detaliu, adică cel la care apar constituenţii neutronului şi protonului, quarcii, precum şi mediatorii forţelor tari, cele care "ţin" nucleele atomice – gluonii. Există şanse reale de a observa direct o "plasmă quarc-gluon", după cum fizicienii şi astronomii se aşteaptă să poată observa curând şi tot în direct formarea unei mini găuri negre în ciocnirile de mare energie ale particulelor nucleare în viitoarele generaţii de acceleratoare de particule. Ceea ce va permite conjugarea observaţiilor din laboratoarele cosmice naturale care sunt stelele neutronice şi cele terestre. Aflând astfel lucruri poate noi despre structura şi funcţionarea Universului, despre posibilitatea punerii în acord a mecanicii Cuantice cu Relativitatea şi, ceea ce este încă şi mai important, oricât de ezoteric ar suna, despre cât de reală este existenţa extra-dimensiunilor spaţio-temporale.

10. Cum pot fi înţelese materia şi energia?

Întrebarea 10: Este necesară o nouă teorie a materiei şi luminii la energii foarte înalte?

Ne apropiem de sfârşitul acestei cărţi şi al călătoriei printre întrebările pe care o echipă de oameni de ştiinţă de cea mai înaltă calificare profesională le-au considerat potrivite să figureze drept marea provocare a secolului 21. Avem în spatele nostru peste două milenii şi jumătate de când primii greci au formulat şi ei întrebări fundamentale. Despre felul în care era alcătuit Cosmosul, adică Universul organizat, despre numărul şi felul elementelor din care era făcută lumea, despre „motorul" care pune totul în mişcare... Am reuşit în doar 50 de ani să reuşim poate cea mai extraordinară aventură pe care a reuşit-o vreodată minte omenească: incredibila excursie în timp care ne-a dus până la începuturile absolute ale Universului şi, odată cu el, ale spaţiului şi timpului. Şi iată-ne ca şi cum am avea în faţa noastră un fel de maşinărie stranie pe care o numim univers, un fel de aparat de radio cu patru butoane care nu reprezintă însă doar cele patru lungimi de undă pe care emite radioul, ci cele patru forţe fundamentale ale Naturii. Ca şi la radio însă, apăsăm pe un buton şi avem o lume care ne vorbeşte. Apăsăm pe altul – avem o altă lume. Unele sunt mai bogate în „programe"şi se aud mai bine. Dar toate sunt strânse în acelaşi aparat, sunt „unificate" aici. Noi suntem ascultătorii care folosesc aparatul de radio –cred că sunt tentat să spun, ne bucurăm de el şi de lumile pe care ni le dezvăluie- fără să avem neapărat nevoie să ştim nici exact ce piese se află într-însul, nici exact cum funcţionează. Dacă cineva însă va veni la un moment dat să ne lămurească toate acestea, cu atât mai frumoase ne vor părea toate şi sporul de înţelegere ne va face şi pe noi mai bogaţi, pentru că, în primul rând, ne va oferi –a şi început de fapt să o facă- drumuri noi şi extrem de interesante pentru a ne cunoaşte şi înţelege pe noi înşine. Alcătuiţi din aceleaşi molecule, din aceiaşi atomi, din aceiaşi nucleoni, ca şi stelele, norii de gaz şi chiar spuma de spaţiu-timp care se crede că umplea încă minusculul univers pornit pe calea expansiunii sale spre lumea de astăzi care îşi propune, ca scop de ultimă ambiţie şi îndrăzneală, să-l înţeleagă, aşa cum s-a format, evoluează şi se va sfârşit, în jocul forţelor care îl controlează şi al dimensiunilor care îi definesc personalitatea.

10.1. Mediatorii şi sursele forţelor

Secolul XXI continuă idealul Fizicii secolului XX, a cărui formulare poate fi cel mai simplu prezentată ca dorinţa de o realiza o teorie unică pentru toate fenomenele experimentale. Au reuşit, la vremea lor, o asemenea performanţă, Newton, care a unificat

fenomenele terestre cu cele cereşti, Maxwell, care a unificat magnetismul cu electricitatea, Einstein, care a unificat gravitaţia cu geometria (deci, s-ar putea spune, o forţele cu spaţiul) şi evident cele două unificări ulterioare, succesive, despre care am mai vorbit, cea electroslabă şi cea electrotare – marea unificare.

Aşa cum de asemenea am amintit, gravitaţia rezistă încă unificării. Aşa că cineva ar avea dreptul să se întrebe dacă de fapt există o bază pe care să ne clădim speranţa în posibilitatea finală a unificării. Această bază există şi este dată de o proprietate comună tuturor celor patru forţe fundamentale din Natură: aceea de a avea, cum se spune în fizică, o structură de etalon. Într-o formulare extrem de nepretenţioasă, această proprietate permite de exemplu să schimbăm sistemele de coordonate fără ca predicţiile teoriei să fie afectate şi are şi o altă consecinţă de mare semnificaţie: purtătorii acestor forţe trebuie să aibă spin întreg, adică să fie bosoni.

Pare destul de complicat, dar de fapt lucrurile sunt mai simple şi naturale. Iată de altfel pentru început un tabel cât de general am putut să-l alcătuiesc, al particulelor şi forţelor:

	Particulele			
	Fermioni		Bosoni	
	$e^{\pm}$ ν_e ,ν_μ,ν_τ, $\mu^{\pm}$,$\tau^{\pm}$	p,n, Σ, Λ	$W^{\pm}$, Z, γ	π, k, η, ρ, ω
Nivelul 1	Leptoni ♠, ♥,♦	Barioni ♠, ♥,♦	*"elementari"*	hadronici
Nivelul 2		Quarci ♠ u,d,s,c,t,b	Gluoni *V*	

Forţele			
TARE (♠)	ELECTROMAGNETICĂ (♥)	SLABĂ (♦)	GRAVITAŢIONALĂ (♣)
10^1	10^{-2}	10^{-5}	10^{-40}

Cu italice: mediatorii forţelor fundamentale

Particulele se împart în trei mari grupuri:

- cele asupra cărora acţionează forţele (leptonii fundamentali şi quarcii),
- *cele care transmit aceste forţe – fotonii, bosonii intermediari W şi Z, gluonul V* şi
- cele care sunt generate de acţiunea forţei tari (cea care leagă particulele între ele), acestea fiind mezonii şi barionii.

Am marcat în tabelul de mai sus forţele cu simbolurile culorilor cărţilor de joc, în ordinea descrescândă a valorii lor de la jocul de Bridge. Este interesant de observat de la bun început că, în ordinea de mai sus, cele patru forţe "se potrivesc" încrucişat: forţele 1 şi 3, tare şi slabă, sunt forţe de rază mică de acţiune (short range), în timp ce forţele 2 şi 4,

electromagnetică şi gravitaţională, sunt forţe de rază lungă de acţiune (long range). Forţele electromagnetică şi slabă acţionează între leptoni şi bosoni ne-hadronici, în timp ce barionii şi mezonii suportă în plus şi forţa tare. În general, particulele care interacţionează tare se numesc hadroni (de aici le vine şi numele!). Restul particulelor, non-hadronii, au o structură punctuală. Hadronii, nu. La ei se fac simţite efectele de formă. În fine, o altă diferenţă între forţe şi particulele asupra cărora acestea acţionează este faptul că interacţiile tari "pun în joc" tipuri speciale de simetrie. Lor le dedicăm integral secţiunea următoare.

10.2. Simetriile

De ce sunt de fapt considerate atât de importante şi interesante simetriile? Răspunsul poate fi dat foarte simplu, dar păstrându-l astfel nu am reuşi să cuprindem întreaga adâncime a problemelor şi aspectelor caracteristice diverselor nivele la care analizăm/putem analiza structura materiei.

Voi prefera de aceea să vă propun nu un răspuns direct, ci mai curând un comentariu asupra modului în care se procedează în Fizică atunci când este în joc construirea unei noi teorii sau a unui model. Scopul este în primul rând construirea aşa numitului Lagrangean, sau funcţie Lagrangeană, care depinde de câmpurile locale $\Phi(x)$ şi de derivatele acestora, în fapt echivalentul energiei sistemului fizic considerat. Cea mai "simplă" reţetă (mai mult în cuvinte, decât în realitate) este de a "căuta" toate simetriile relevante pentru sistem şi a introduce termenii corespunzători în Lagrangean, alături de alţi termeni specifici, inclusiv cei care reprezintă interacţia sistemului cu câmpuri externe de forţe. În acest moment suntem pregătiţi pentru fizică: ceea ce ne trebuie este o *varietate*, pentru a respecta termenul tehnic, de fapt un ***spaţiu de coordonate***, indispensabil pentru definirea problemelor, şi un *grup de transformări,* G. Pe acest Lagrangean se pot "citi" simetriile. Iar dacă transformările grupului G se pot scrie sub forma $g = \exp(\lambda_r t_r)$, atunci vorbim despre transformări de etalon (*gauge transformations*) şi G este ceea ce se numeşte un grup Lie. t_r se numesc generatori ai grupului şi în cazul existenţei unei simetrii există şi un grup ai cărui generatori comută cu Lagrangeanul deci, conform "regulilor" după care este constituită Mecanica Cuantică, reprezintă mărimi fizice observabile. λ_r sunt parametrii transformării şi ei pot fi definiţi astfel încât să ia formă de unghiuri, cu valori cuprinse între 0 şi π sau 2π. Cu alte cuvinte, aceste transformări de etalon sunt nişte rotaţii care, odată efectuate asupra sistemului fizic respectiv, nu trebuie să schimbe "fizica", adică de pildă predicţiile pe care le poate face teoria.

Veţi recunoaşte imediat câteva exemple de simetrii în mecanica clasică sau în cea cuantică: impuls, moment cinetic, paritate etc., fiecărei simetrii corespunzându-i o lege de conservare a unei mărimi fizice (conservarea energiei, impulsului, momentului cinetic, numărului barionic etc.) Atunci când λ_r nu depind de punctul din spaţiu-timp în care se aplică transformarea, avem simetrii **globale**. Dezavantajul lor este că ele trebuie „implementate" în mod identic în toate punctele, indiferent cât de departe ar fi acestea unele de altele sau dacă ar fi sau nu legate cauzal! Mai plauzibile sunt simetriile **locale**, în care λ_r sunt funcţii de punct. Simetriile locale dictează dinamica procesului, devenind astfel un important instrument de studiu al interacţiilor particulelor elementare: o particulă purtând o sarcină legată de o simetrie locală poate fi vizualizată ca fiind tot

timpul întovărăşită de un câmp, ceea ce nu se întâmplă în cazul unei simetrii globale. Unele din aceste simetrii sunt „vizibile”, sunt ***manifeste*** – termenul folosit de obicei. Altele sunt ***ascunse***. Un exemplu foarte simplu de „mecanism” de asemenea ascundere este apariţia/includerea unor termeni suplimentari în expresia Hamiltonianului. De exemplu, un Hamiltonian în care câmpul apare în combinaţia a $\Phi^2 + b\ \Phi^4$ este evident simetric: $H(\Phi) = H(-\Phi)$, dar apariţia unui termen în Φ^3 strică, violează această simetrie – o ascunde. Ne face să credem că de fapt simetria este violată. Teoriile de etalon deschid o poartă specială spre fascinanta (unii îi mai spun şi „secreta”) lume a simetriilor globale non-manifeste. Înţelegerea tuturor acestor simetrii este de fapt cheia înţelegerii naturii forţelor fundamentale din natură.

O asemenea „ascundere” a simetriei ecuaţiilor de bază ale unui model, ale unei teorii, este evidentă în cazul unificării interacţiilor slabă şi electromagnetică, „vinovatul” fiind atotprezentele condensate (pentru identificarea experimentală a cărora s-a oferit Premiul Nobel pentru Fizică în anul 2001). Apoi, diferitele forţe, cum se vede şi din tabelul precedent, au diferite intensităţi (parametrii modelului care determină intensităţile forţelor se numesc constante de cuplaj), acestea tinzând la o aceeaşi limită în condiţiile în care forţele sunt unificate.

Aceste unificări succesive necesită însă energii –şi în general toţi parametrii fizici- din ce în ce mai mari. Marea unificare, cea electro-tare, are deja loc la energii (10^{15} GeV) care practic nu mai au nici o legătură cu cele cu care suntem obişnuiţi în lumea „normală” şi nici măcar cu cele din actualele sau proiectatele acceleratoare de particule (de la câteva sute de GeV la câţiva TeV). Este de aşteptat ca la asemenea valori să avem de-a face cu stări ***calitativ*** noi ale materiei. În consecinţă, şi teoriile care să ne faciliteze înţelgerea lor este de aşteptat să fie diferite. ***În ce sens*** se va înregistra această diferenţă, aceasta este o întrebare mai specială şi, cred eu, mai corect pusă. O idee ne putem face urmărind „scara” teoriilor puse la punct de fizică pentru înţelegerea fenomenalei diversităţi a materiei în ultimele două secole.

10.3. Diversele electrodinamici

Un interludiu foarte scurt: James Joyce şi una din aventurile sale dublineze.
Cum ştiţi foarte bine, James Joyce este unul din cei mai mari prozatori ai secolului XX – nu spun „a fost” pentru că opera sa, nuvelele şi romanele, sunt la fel de vii astăzi ca şi atunci când au fost scrise,la fel de emoţionante şi incitante ca atunci când au fost scrise şi la fel de greu de înţeles ca atunci când s-a încercat pentru prima oară să fie citite – spun aşa pentru că mult mai mulţi vorbesc despre cărţile sale decât cei care le-au citit cu adevărat.Printre ele figurează şi cea a cărei primă versiune este încheiată în anul 1023 şi care probabil că ar putea să concureze fără concurent la cea mai stranie carte ieşită dintr-o mână omenească: Finnegans Wake, sau Veghea lui Finnegan. O alchimie de cuvinte, combinate din mai toate limbile pământului, aluzii mai mult sau mai puţin discrete la Cabală şi la istoria mai veche sau mai nouă a locurilor. Şi o mulţime de scene de mai mică sau mai mare teroare personală şi colectivă, printre care bătrânul Meşter – spuneţi-i Rege, dacă vreţi- Mark, confruntat cu trei necunoscuţi, neînţeleşi şi nevăzuţi de nimeni, quarci. S-a spus că numele lor i-a fost sugerat de terorizantul strigăt al pescăruşilor şi s-ar putea să fie aşa de vreme ce pescăruşul/pescăruşii se află în ultimele

trei rânduri ale poveştii acesteia căreia foarte bine i se poate aplica ceea ce autorul spune pe la jumătatea versiunii sale prescurtate, singura pe care eu o am, când enunţă, nu exclamă „cel mai straniu vis care a fost vreodată pe jumătate trăit", adăugând într-o notă de picior: „ceva s-a întâmplat în momentul acela când dormeam, litere sfâşiate sau era zăpadă?"Peste vreo 40 de ani, Prof. Gell Mann trecea poate printr-o stare asemănătoare de indecizie metafizică şi a auzit şi el strigătele gâtuite ale unor entităţi, trei la număr în fiecare altă entitate elementară din care sunt compuse toate cele ce există, deşi, nici pe ei, nimeni nu i-a văzut vreodată şi nici nu va avea cum să o facă...

Timp de peste un mileniu şi jumătate părea că acel capitol al mecanicii pe care în învăţăm astăzi la şcoală sub numele de „statică" era suficient pentru înţelegerea Naturii – aceasta dacă facem abstracţie de ideile lui Democrit despre atomi sau de „esoterismul" lui Heraclit care punea totul în Univers în răspunderea şi sub stăpânirea focului. Dar chiar şi astăzi toate acestea se discută şi se învaţă mai curând drept filosofie. Fizica, aşa cum o cunoaştem astăzi, o datorăm în special secolului XVII al lui Galileo Galilei şi lui Isaac Newton. Atunci s-a născut „dinamica", adică acel capitol al ştiinţei care nu se mulţumeşte doar cu descrierea mişcărilor şi cu studiul raportului dintre forţe, ci îşi propune să ştie şi cum fac forţele de generează mişcarea. A venit apoi secolul electricităţii care „a repetat", comprimând însă extraordinar timpul, istoria mecanicii, a venit James Clerk Maxwell şi a unificat, cum am mai tot spus, electricitatea cu magnetismul şi ne-a îmbogăţit efectiv cu cele patru ecuaţii ale sale. Se născuse ceea ce astăzi numi „**electrodinamica clasică**". După ce am avut şi Mecanica Cuantică, a fost necesar să o unim cu electrodinamica şi s-a născut „**electrodinamica cuantică**". Apoi am devenit conştienţi că avem de descris patru şi nu două forţe fundamentale şi mai mult, că „vechea" electrodinamică nu mai este potrivită pentru a descrie cele mai stranii particule imaginate vreodată de mintea omenească (această minte aparţinând de data aceasta lui Murray Gell Mann): quarcii. Aceştia erau şi ei purtători de o calitate care juca acelaşi rol ca şi sarcina electrică, drept care a şi fost numită *sarcină*, cu deosebirea că în lumea quarcilor existau trei asemenea noi sarcini, care au primit pentru a fi deosebite numele de „**culori**" (quarcii, aşa cum desigur vă amintiţi, sunt „încărcaţi" şi cu electricitate „obişnuită", doar că sarcinile pe care le poartă sunt fracţionare). Pe lângă aceste culori –care evident nu au nimic de a face cu culorile pe care le ştim noi, doar numele fiindu-le comun- quarcii mai au şi şase **gusturi**, flavors, care reprezintă de fapt cele şase tipuri pe care le cunoaştem la ora actuală, şi carte au şi acestea nume la fel de ..."speciale": *u*-sus, *d*-jos, *s*-straniu, *c*-farmec, *b*-bază, *t*-vârf (*up, down, strange, charm, bottom, top*) , 2e/3 pentru quarcii u,c,t şi e/3 pentru d,s,b. Electrodinamica Cuantică a trebuit să fie astfel extinsă pentru a descrie materia sub aceste noi feţe (particule şi forţe) şi astfel s-a născut **cromodinamica cuantică**. Quarcilor li se datoreşte „câmpul tare", câmp care este „mediat" de particule cu nimic mai puţin stranii decât quarcii, numite **gluoni**. Echivalenţii „tari" ai fotonilor şi, tot ca şi aceştia, fără masă. Dintre cei şase quarci, doar u şi d joacă un rol semnificativ în „construcţia" edificiului lumii materiale, ceilalţi fiind mult mai grei şi instabili. Quarcii sunt şi ei fermioni ca şi electronii şi de ei se leagă o simetrie a culorilor, aşa cum în lumea particulelor „obişnuite" întâlnim C – simetria la conjugarea (schimbarea semnului) sarcinii electrice.

Fizica sistemelor de particule, la diversele nivele de complexitate şi, cred că se poate spune, de subtilitate a structurii lor, are însă un aspect central, pe cât de fundamental pentru înţelegerea fundamentelor structurii lumii materiale, pe atât de dificil din punct de vedere tehnic: modul în care bosonii purtători de forţe răspund la sarcinile electrice ale particulelor de materie. Reuşita acestei performanţe, testată în particular prin îndeplinirea experimentală a predicţiilor teoretice, este apanajul extraordinarei teorii care este Modelul Standard, pe care am mai amintit-o în câteva rânduri. Tot despre ea am mai spus că încă de la început a stârnit o oarecare „nemulţumire" prin faptul că ...era prea desăvârşită, că nu oferea adică indicaţii asupra direcţiilor de-a lungul cărora ar fi putut fi „depăşită". De ce să-şi dorească aşa ceva teoreticienii, mai ales că tot ei se află de atâta vreme în căutarea unei „teorii ultime" a materiei? Pentru că în asemenea „zone crepusculare", zone de frontieră, se află cheia –sau cheile- înţelegerii finale ale Naturii. Fie că aceste zone de frontieră se află la graniţa dintre diverse ştiinţe sau sub-domenii bine definite şi conturate ale aceleiaşi ştiinţe, fie că ele reprezintă de fapt zonele ei încă insuficient explorate. Aici, mai ales, se pot găsi „începuturile de drum" pentru depăşirea teoriei şi extinderea ei. Şi dacă vă amintiţi că în cazul Modelului Standard –care, din punctul de vedere al „răspunsului" purtătorilor bosonici la particulele încărcate electric, este o impresionantă generalizare a Electrodinamicii Cuantice- asemenea „depăşiri" înseamnă lucruri atât de fundamentale cum ar fi protonul instabil sau neutrinii cu masă, pentru a nu cita decât două dintre ele, ne putem da seama cât de tare pot acestea perturba actuala noastră imagine asupra Universului, ca structură şi ca evoluţie. Se va dovedi că fiecare boson mediator de interacţie este legat de o singură sarcină? Se va dovedi că simetria poate fi „împinsă" până la capăt, prin introducerea unor bosoni suplimentari a căror existenţă urmează să fie imaginată şi apoi demonstrată inclusiv experimental, care să „transforme" un tip de sarcină într-un altul, legat de un alt mediator? Şi, în fine, marea întrebare: se va dovedi că Natura este „dispusă" să ...practice schemele şi ideile fizicienilor teoreticieni?

Toată această discuţie este, implicit, o dovadă că într-adevăr este necesară o nouă teorie –sau sunt necesare poate mai multe- pentru a putea discuta, înţelege, descrie, materia în condiţii extreme de energie, temperatură şi densitate, cum sunt cele întâlnite în diverse obiecte stranii care populează Cosmosul, sau în momentele efectiv primordiale ale existenţei Universului. Justificată (şi încurajată) de amintitele proprietăţi de etalon dovedit sau presupus comune forţelor fundamentale, dar şi, nu mai puţin, de asemănările între cele patru forţe cât şi de experienţa Fizicii care a cunoscut simplificări incredibile ale modelelor sale în urma aplicării unor ipoteze pe cât de surprinzătoare pe atât de forţate la prima vedere, unificarea forţelor din Natură este „punctul de fugă" care ordonează toate aceste căutări şi le dă sens.

10.4. Energie. Timp. Unificare.

La 15 noiembrie 2001, Physics World anunţa identificarea unei stele masive despre care afirma că este prima structură formată după Big Bang. O stea care se regăseşte în simulările realizate de Tom Abel de la Centrul Smithonian Harvard de Astrofizică (şi prezentate în revista Science). Acestea arată cum fluctuaţii de densitate în Universul timpuriu au putut duce la formarea unui nor de gaz pre-galactic, având în centrul său o stea: încă şi mai interesant, modelul Abel prezice că nici o altă structură nu s-a mai putut

forma înainte ca această stea solitară să fi murit sub forma unei supernove! Pornind cu un univers plat, cu doar 6% din materia prezentă sub formă „normală”, restul fiind materie întunecată, mici fluctuaţii au format la nivelul vârstei de aproximativ 13 milioane de ani a universului primele obiecte pregalactice care s-au unit apoi dând primele structuri masive. Care au evoluat o perioadă de timp de 10 ori mai mare, ajungând, după 140 de milioane de ani, la un nucleu de 100 de ori mai masiv decât Soarele de astăzi şi o densitate suficientă pentru formarea moleculelor de hidrogen. Aceasta după ce câteva decenii convingerea specialiştilor era că primele structuri cosmice au fost pachete supercompacte de stele, găuri negre supermasive şi obiecte de dimensiuni planetare – dar nu un asemenea obiect solitar...

11. Fierul şi Uraniul

Întrebarea 11: Cum au fost făcute elementele dintre fier şi uraniu?

Johan Valentin Andreae
1586-1654

Prin întrebări ca aceasta, extrem de justificate de altfel, ne amintim că a existat odată Alchimia...

Fiecare din cele 11 întrebări formulate de autorii Raportului are specificul său.Unele sunt „normale", mai ales după ce le vedem formulate pe hârtie şi însoţite de justificările de rigoare. Altele sunt surprinzătoare prin amploarea discuţiilor pe care le generează şi a orizonturilor pe care le deschid. Cea de faţă, ultima, poate să pară neaşteptată.De ce, în fond, ar fi deosebită „fabricarea" în uzinele Cosmosului a unor elemente cum ar fi Fierul şi cele de după el, de cea a elementelor mai uşoare? Faptul că am menţionat în acest context Alchimia nu încearcă în vreun fel să dea un aer ocult nici întrebării, nici fenomenului în sine. Poate doar să ilustreze într-un fel mai puţin conformist ideea că în această problemă şi mai ales în acea perioadă a existenţei Universului, orice „problemă" era mai mult decât simplă fizică sau simplă chimie. Ceea ce, în fond, este şi cheia înţelegerii a ceea ce a fost perioada din evoluţia ştiinţei experimentale care a purtat numele de Alchimie...

11.1. Surprizele începutului

Ce s-a întâmplat deci la începutul efectiv al Universului? Cum am văzut, primul atom care s-a format, atunci când temperatura scăzuse suficient pentru a permite acest lucru, a fost hidrogenul. Urmat de heliu şi de litiu. Urmat apoi de cascada elementelor uşoare.
Originea acestora se poate urmări înapoi până la Big Bang-ul însuşi. Dar şi oamenii şi stelele mai sunt alcătuite şi din altceva decât aceste elemente uşoare – organismele

noastre (umane şi planetare) conţin de fapt măcar "urme" din toate elementele prezente în Tabelul Periodic!

Elementele ceva mai grele îşi au originea (vom reveni imediat la acest aspect) în supernove. Afirmaţia se verifică însă prin înregistrările observaţionale până la fier. Pentru atomii mai grei, deci de la numărul de ordine 26 din Tabelul lui Mendeleev, nu condiţiile necesare formării lor sunt în discuţie, ci, aşa cum se subliniază în Raport, mijloacele care au servit la fabricarea lor! Sursele cele mai plauzibile ale elementelor celor mai grele rămân supernovele şi stelele neutronice, chiar dacă analiza fenomenului implică un adevărat tur de forţă teoretic şi computaţional, care să combine rezultate ale modelelor tridimensionale ale exploziei supernovelor, oscilaţiile neutrinice ("schimbarea" neutrinilor dintr-un tip în altul), studii asupra nucleelor atomice departe de linia de stabilitate, rezultate ale observaţiilor în domeniul radiaţiei X şi gamma ale elementelor proaspăt formate în supernove etc.

Aşa se poate explica de pildă originea unor elemente ca oxigenul sau carbonul (numerele 8 şi 12), dar nu de pildă pentru elemente cum ar fi aurul şi platina (numerele 79 şi 78), cel puţin nu în cantităţile în care acestea se află în prezent pe Pământ. Un posibil răspuns a fost oferit în cadrul reuniunii naţionale de astronomie a Marii Britanii din 5 aprilie 2001. La care ne vom opri mai pe larg imediat, după ce însă vom căuta să aruncăm rapid o privire asupra a ceea ce se întâmplă când o stea îşi sfârşeşte "exploziv" viaţa, sub forma unei supernove.

11.2. Furnalele cosmice

În acest caz, cum spune şi titlul acestui paragraf, avem de-a face cu un adevărat furnal cosmic. Heliul produs imediat după hidrogen serveşte drept punct de plecare al sintezei elementelor de până la fier, folosind ca verigă intermediară carbonul (un lucru prezis încă din stadiile timpurii ale dezvoltării astrofizicii nucleare). Primii paşi ai acestei sinteze se consumă în stelele din clasa uriaşelor roşii, stadiul de evoluţie stelară imediat premergător exploziei sub formă de supernovă (în ale cărei deşeuri de explozie se găsesc exact izotopii radioactivi pe care i-am aştepta de la elementele menţionate). Grupa fierului, care mai cuprinde nichelul şi cobaltul, se caracterizează prin energii cele mai mari de legătură ale nucleelor. Mai mari decât poate o stea să producă prin combinarea progresivă a elementelor, care se opreşte la elementele din grupa fierului. Dincolo de acest punct de impas, steaua respectivă nu mai are altă soluţie decât colapsul nucleului său şi explozia zonei exterioare sub formă de supernova. Cum sunt însă produse elementele de dincolo de grupa fierului?

Într-o imagine foarte plastică, autorii Raportului spun: "Ca nişte detectivi la locul crimei, putem reconstitui majoritatea a ceea ce s-a întâmplat pentru a se ajunge la fabricarea elementelor grele, dar "arma crimei", uzina astrofizică, nu a fost găsită."

Şi ceea ce urmează în Raport are o importanţă deosebită atât pentru claritatea şi eleganţa expunerii, dar poate mai ales pentru …scara de timp pe care o scoate în evidenţă. Raportul a fost deci făcut public la 8 ianuarie 2001. Iată cum descriu lucrurile autorii săi la acea dată: "*elementele mai grele (cu mase intermediare ca valoare) sunt făcute în medii bogate în neutroni în care au loc capturi neutronice lente; nucleele bogate în neutroni se dezintegrează apoi până la elemente mai stabile. Nuclee încă şi mai grele sunt produse în procese de captură rapidă, denumite <procese-r> ...există o*

ipoteză puternică de fapt că, încă o dată, supernovele trebuie să fie locul unde elementele grele, până la uraniu, sunt produse, dar nu există o înţelegere detaliată a modului în care aceste procese au loc … modelele noastre teoretice de supernove sunt însă incomplete. A produce (în calculator) o "explozie" credibilă de supernovă s-a dovedit a fi o problemă enormă…În fine,vom avea posibilitatea în deceniile ce urmează să observăm direct sinteza elementelor grele acolo unde credem cu adevărat că are loc, adică în exploziile stelare. Acestea creează iniţial nuclee într-o stare excitată şi acestea se dezintegrează în timp, de obicei întovărăşite de emisie de radiaţie gamma…"

Exploziile gamma ale unor surse aflate la distanţe cosmice, care durează între 100 de milisecunde şi 100 de secunde, sunt sursele cele mai intense de radiaţie din Univers. ***Cauza*** acestor explozii este însă necunoscută.

În fine, deşi condiţiile în care se nasc şi funcţionează asemenea surse de mare energie nu pot fi reproduse pe Terra, există posibilitatea de a realiza plasme laser la parametri de presiune şi temperatură care să permită extrapolări la condiţiile reale din Cosmos.

Surpriza nu avea însă să întârzie foarte mult.

11.3. O alchimie modernă

În ziua de joi, 5 aprilie 2001, cum spuneam, la reuniunea naţională de astronomie care se ţinea la celebra universitate Cambridge, cercetători de la universităţile Leicester, Anglia şi Basel, Elveţia, găseau originea majorităţii elementelor de pe Pământ, din zona platinei şi aurului şi chiar mai grele, în explozii masive ale unor stele neutronice care se ciocneau la un moment de timp care premergea cu câteva sute de milioane de ani naşterea Sistemului Solar. Nuclee superdense ale unor stele care au supravieţuit stadiului de supernovă, stelele neutronice conţin cam tot atâta materie câtă există în Soarele nostru, dar într-un volum cam de dimensiunea Bucureştiului. Uneori, rămăşiţe ale unui sistem de stele binare, pot exista perechi de stele neutronice, rotindu-se una în jurul celeilalte (în Galaxia noastră se cunosc patru asemenea perechi).

Echipa Leicester-Basel, condusă de Stephen Rosswog , a calculat ce se poate întâmpla dacă două asemenea stele ajung suficient de aproape pentru a se ciocni. Estimările au fost făcute folosind un supercomputer al UKAFF – Unitatea britanică de fluide astrofizice, unul din primele supercomputere din familia Origin 3800, construit de Silicon Graphics şi care este unul foarte special datorită faptului că posedă 128 de procesoare care pot lucra în paralel asupra unei aceleiaşi şi unice probleme, 64 GB de RAM şi 1300 GB spaţiu de disc – cel mai puternic calculator construit vreodată pentru aplicaţii astronomice (inaugurat la 31 octombrie 2000).

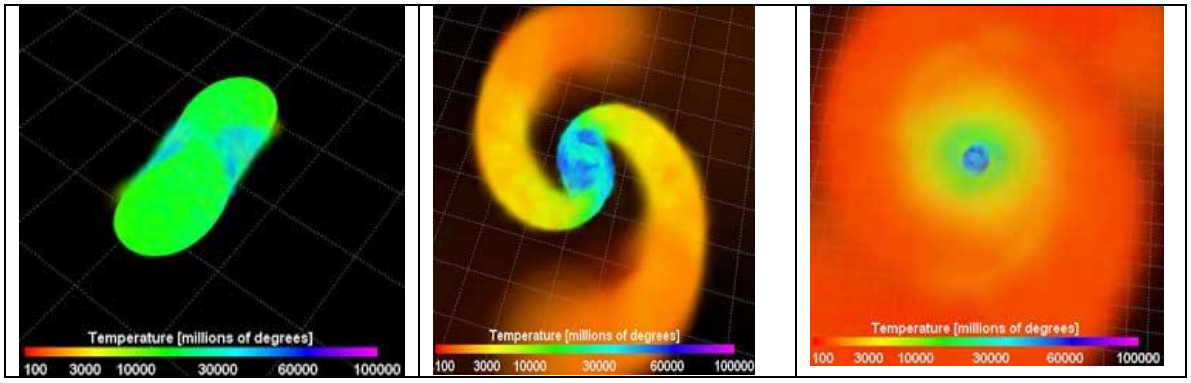
Valoarea totală a investiţiei de la UKAFF este de 5,9 miliarde de lire sterline, bani furnizaţi de Guvern, de Silicon Graphics cu sprijinul şi al Consiliului pentru cercetări astronomice şi în domeniul particulelor elementare şi al Leverhulme Trust.

Răspunsul echipei de cercetători a fost că ciocnirea acestor stele neutronice eliberează o uriaşă cantitate de energie, suficientă pentru a alimenta exploziile gamma şi, în acelaşi timp, „aruncă" în spaţiul cosmic mari cantităţi de aur şi platină.

Apoi – cred că nu se va supăra nimeni pentru ce spun- totul urmează ca într-un film ştiinţifico-fantastic. Stephen Rosswog construieşte pe calculator modelul a două stele neutronice, include cam tot ce se putea include din fizica cea mai „exotică", adică şi

mecanică cuantică, şi teoria relativităţii, şi instrucţiunea ca stelele să „spiraleze” împreună... Un singur pas de calcul consumă o săptămână. Dar se obţin pe rând imaginile ultimelor câteva de milisecunde ale vieţii celor două stele. Forţe imense le sfărâmă în bucăţi pe măsură ce mişcarea în spirală le aduce din ce în ce mai aproape. Cantităţi uriaşe de energie sunt lansate în spaţiu. Cele două stele neutronice sunt pornite pe drumul fără întoarcere spre neantul numit gaură neagră – până atunci însă ele mai strălucesc odată, mai puternic decât toată strălucirea Universului strânsă la un loc. Şi, înainte de a se prăbuşi în nefiinţă, conform calculelor Dr. Rosswog şi a simulărilor ce se pot vedea pe calculator, mai fac un ultim lucru: expulzează în spaţiu o parte din materia care le-a compus. Totul extrem de fierbite – în jurul a un miliard de grade Celsius. La această temperatură au loc reacţii nucleare. Neutronii azvârliţi cu atâta putere sunt captaţi de „sâmburi” atomici făcuţi din elemente din zona fierului. Acestea încep să crească şi în final se transformă în elemente grele – aur şi platină. Totul este acum o cenuşe de aur şi platină care se amestecă cu gazul şi cu praful interstelar. Apoi lucrurile încep să se răcească progresiv. Are loc colapsul materiei sub propria greutate. Se nasc generaţiile următoare de stele.

Calculele oamenilor de ştiinţă britanici şi elveţieni fac şi ultima verificare: abundenţa relativă a acestor elemente coincide cu observaţiile contemporane. Stephen Rosswog este emoţionat: “când te gândeşti că aurul din verighetele noastre s-a format în două stele care odinioară s-au ciocnit…” Oamenii de ştiinţă sunt mulţumiţi: încă o etapă a fost depăşită, încă o dată s-a demonstrat că omul poate imagina soluţii la probleme oricât de complexe şi complicate. Întrebarea a 11-a pare să aibă un răspuns încă înainte ca primul an de la data când a fost formulată să se fi scurs. Eu însă nu mă pot opri să nu mă gândesc la acea cenuşă de aur-platină care la un moment dat a strălucit în Cosmos şi să nu îmi spun că visul alchimiştilor era împlinit încă înainte de a fi fost visat…



12. Întrebări pentru altădată...

Dacă aţi ajuns până la acest final de carte, cred că nu mă veţi contrazice când voi spune că multe dintre lucrurile despre care am stat de vorbă până acum şi care au fost înfăptuite în mare parte în ultimii doar câţiva ani, depăşesc cu mult îndrăzneala –şi, de ce să nu o spunem, uneori nebunia frumoasă- care caracterizează literatura ştiinţifico-fantastică. La peste un an de la publicarea Raportului, cred că în continuare emoţia generată de aceste întrebări este una cu totul specială. Dar, cum totul trebuie să aibă o limită, aceia dintre Dv. mai înclinaţi spre fantezie şi mai interesaţi în speculaţii generate (şi justificate!) de descoperiri ştiinţifice autentice, veţi fi remarcat că nu figurează totuşi nici printre aceste 11 întrebări „pentru un secol", dacă nu chiar pentru un întreg mileniu, nici măcar ca „aluzie", nici discuţiile privind călătoria în timp şi metodele de deplasare pe distanţe cosmice, nici problemele căutării vieţii extraterestre, nici altele, despre care oamenii de ştiinţă ezită chiar şi să-şi exprime o părere, cum ar fi posibilitatea existenţei unora din fenomenele denumite în mod curent „paranormale" sau mai ales aşa zisele lumi sau civilizaţii "paralele", co-existând cu a noastră dar inaccesibile nu doar contactelor şi observaţiei directe, ci chiar şi argumentaţiei specific ştiinţifice.

Le voi trece totuşi în revistă, menţinându-mă cât mai mult posibil la invocarea lucrărilor şi referinţelor exclusiv ştiinţifice-tradiţionale. Evident că dacă acest capitol nu vă interesează, sau dacă îl consideraţi pur şi simplu o pierdere de vreme, vă puteţi foarte bine opri la capitolul precedent. Iar dacă vă interesează mai mult partea sci-fi a

subiectelor amintite în acest capitol, ea va constitui subiectul unor capitole speciale în volumul care va purta titlul „Fizica: generaţia următoare”.

12.1. Dincolo de viteza luminii. Este viteza luminii constantă?

Postulatul imposibilităţii depăşirii vitezei luminii în vid (c = 299 792 458 m/sec) este esenţial în Teoria Relativităţii şi întreaga Fizică modernă. Viteza luminii, c, este o constantă universală, alături de h, constanta lui Planck şi de e, masa electronului.

Ultimii ani au venit să tulbure însă multe din “obiceiurile” noastre. Cele trei “mari” întrebări pot fi formulate în felul următor: 1^0. ***Poate fi lumina încetinită?*** 2^0. ***A avut viteza luminii aceeaşi valoare în toate timpurile?*** Şi în fine 3^0. ***Poate fi depăşită viteza luminii?*** Deci, dacă vreţi, două întrebări destul de …“practice” între care se află una cu un aer aparent teoretic. Să le luăm însă pe rând.

Prima întrebare: răspunsul afirmativ nu constituie o surpriză din punct de vedere teoretic. Lumina poate fi încetinită, pentru că traversând un mediu oarecare, viteza sa devine ***c/n***, n fiind indicele de refracţie al mediului. Poate fi ea însă oprită de tot? Pentru că dacă acest lucru ar fi într-adevăr posibil, în felul acesta s-ar face mari progrese în realizarea atât de doritelor şi aşteptatelor calculatoare hiper-puternice şi a elaborării unor super-sofisticate tehnologii de stocare şi transmitere a informaţiei. Folosind fotonii, particule infinit mai uşoare decât electronii utilizaţi până acum! Iată însă pe scurt istoria a două remarcabile experimente.

La aproape 100 de ani după ce Albert Michelson măsoară viteza luminii (1879), în 1976, Adriano Gozzini descoperă fenomenul de "transparenţă indusă" - posibilitatea modificării proprietăţilor unui gaz, de pildă, făcându-l transparent la anumite frecvenţe ale luminii incidente. În 1995 Steve Harris reuşeşte folosind această proprietate să încetinească lumina până la doar 2 000 Km/sec; patru ani mai târziu daneza Lene Vestergaard Hau, lucrând la Universitatea Harvard, o aduce la un incredibil 50 Km/sec - viteza unui ciclist! În 2000 rusul Mihail Lukin tot la Harvard, dar la Institutul Smithsonian pentru Astrofizică, elaborează teoria fenomenului. După care cei doi reuşesc, în două laboratoare separate din Cambridge, Massachusets, şi ultimul pas: blocarea totală, îngheţarea luminii. Cum?

Au creat un fel de "cursă" în care atomi de sodiu (Hau) sau de rubidiu (Walsworth-Lukin) au ...căzut şi au fost răciţi cu ajutorul unui câmp magnetic până la câteva milionimi de grad deasupra lui zero absolut. Apoi au "luminat" această "melasă optică" cu un laser de control, care a făcut-o transparentă (transparenţă indusă electromagnetic!), apoi au iradiat-o cu un alt fascicul laser, la o altă frecvenţă. Când fotonii celui de-al doilea fascicul au lovit atomii de gaz, ei au fost încetiniţi în mod dramatic. Lumina a imprimat astfel atomilor de gaz un anumit *pattern* (un anumit tablou) de orientare, transferându-le informaţia pe care o purta. După care cel de al doilea fascicul laser a devenit din ce în ce mai palid, până a dispărut cu totul. Atunci cercetătorii au refăcut fasciculul de control - lumina care fusese depozitată în atomi a fost reconstituită, continuându-şi călătoria prin gaz. Aproximativ 50% din lumină şi informaţia pe care o purta au fost astfel reobţinute în lumina regenerată. Nu foarte practic pentru un calculator -se remarca- dar o demonstraţie a faptului că se poate! Eric Cornell (Universitatea Colorado), care nu a participat la nici unul din experimente, a găsit un mod

foarte plastic de a descrie cele întâmplate: "este ca şi cum ai putea întinde un fir de mătase pe o linie ferată, să faci un tren să dispară în el şi să-l faci apoi să reapară..."

Utilitatea? Când această captare a luminii se va putea face şi într-un solid, nu doar un gaz, vom putea realiza un microchip "fotonic". Frecvenţele mult superioare oferite de lumină (chiar de 1 000 de ori mai mari decât cele actuale) ar fi ideale pentru un superrapid transfer de informaţie. Cu condiţia însă ca lumina să fie ...încetinită, pentru că o viteză prea mare l-ar face practic imposibil. De unde interesul enorm pentru aceste noi cercetări şi rezultate.

A doua întrebare: o ştire care a emoţionat suficient de puternic mediile ştiinţifice şi nu numai, consideră -şi motivează- că viteza luminii a fost mai mare la începutul Universului decât astăzi, deci a scăzut în timp. Cu alte cuvinte, ***c***, viteza luminii în vid nu este de fapt o constantă universală, aşa cum sunt de pildă ***G***, constanta atracţiei universale sau ***h***, constanta lui Planck. Ceea ce readuce în discuţie evoluţia destul de tumultoasă a concepţiilor noastre despre lumină.

Prima problemă care s-a ridicat a fost generată de controversa finit/infinit privind viteza sa. Filosofii vechii Grecii considerau (după Aristotel) că viteza luminii este infinită (Empedocle făcea excepţie printre ei); la începutul Evului Mediu, cu Avicenna şi Alhazen, dar şi cu Roger Bacon, apare idea unei lumini deplasându-se cu viteză finită; Kepler revine la o lumină care se propagă instantaneu - deci la o viteză infinită şi de abia danezul Roemer anunţă Academia de Ştiinţe din Paris că anomaliile timpilor de eclipsă ai lunii interioare a lui Jupiter se pot explica acceptând o lumină cu viteză finită. Dacă însă este finită, apare o altă întrebare – şi deci o nouă problemă: cum o măsori?

Pornind de la o ideea lui Galilei, *Academia del Cimento* din Florenţa efectuează o primă măsurătoare în 1676, folosind lanterne, telescoape şi obturatoare, totul întins pe o distanţă de o milă. Nu se observa nici o întârziere sesizabilă, dar comparaţia cu modul de împrăştiere a luminii fulgerului îi face pe cercetători să considere că lumina se propagă extrem de rapid, dar într-un timp finit. Confirmarea definitivă îi aparţine lui Bradley (1729). Lumina este considerată ca propagându-se cu o viteză finită, ***c***, care devine o constantă fundamentală, fixă, a Universului în care trăim.

Acum, dacă se examinează diferitele măsurători, de la determinările prin metode optice ale lui Roemer din 1675 şi Bradley din 1728 (301 300 Km/s) până la cele prin metode radio din 1976 (299 792.5 Km/s), se observă o "scădere" a valorii lui ***c***, atribuită totuşi exclusiv evoluţiei precizie măsurătorilor. Există însă cercetători care consideră că este vorba efectiv de o diminuare a vitezei luminii. Într-un trecut în care procesele atomice erau mai rapide decât astăzi, şi valoarea vitezei luminii ar fi fost superioară!

Drept care apare ca justificată întrebarea: ce s-ar întâmpla dacă într-adevăr viteza luminii ar fi scăzut în timp? Afirmaţia principală a partizanilor variaţiei lui ***c*** cu timpul este că o seamă de lucruri care "nu se potrivesc", sau necesită o interpretare oarecum forţată pentru a le face să se potrivească în modelele noastre actuale de Univers, şi-ar găsi astfel imediat locul. Aceste discuţii acoperă de altfel un domeniu deosebit de larg, de la o explicare extrem de simplă a creşterii razei orbitei Lunii (cei aproximativ 3,8 centimetri în plus pe an s-ar explica evident simplu, deoarece o viteză mai mică în produsul ***c***t care ne dă distanţa Lună-Pământ înseamnă şi o distanţă mai mică, deci o rază mai mare a orbitei), până la interesante consecinţe biologice. Gândiţi-vă doar că o valoare mai mare a

lui ***c*** în trecut înseamnă o densitate fotonică mai mare, deci o energie disponibilă mai mare, deci mai multă clorofilă, o creştere mai rapidă a planetelor ... Multe dintre „accidentele şi incidentele" biologice şi geologice din istoria Pământului ar căpăta astfel interesante explicaţii. Şi nu numai. Dar, deşi lucrurile nu se opresc aici şi devin aproape din ce în ce mai fascinante, noi ne vom opri deocamdată cu această a doua întrebare şi vom comenta în încheiere cea de a treia, aceea privind posibilitatea depăşirii vitezei luminii.

A treia întrebare: Cum spuneam şi la început, Teoria Relativităţii Speciale (sau Restrânse), prima Teorie a Relativităţii a lui Einstein, a impus ideea vitezei luminii ca viteză limită în Univers. În 1917, Richard Tolman considera că paradoxul prezentat de el dovedeşte clar că depăşirea lui ***c*** ar însemna posibilitatea de transmitere de mesaje înapoi în timp. De abia în anii 1950-60 revine în discuţie problema vitezelor supraluminale, în special prin lucrările lui E.C.G. Sudarshan şi Erasmo Recami şi experienţele lui T.Alväger. Particulele capabile să se deplaseze cu viteze mai mari decât ***c*** sunt numite de către G. Feinberg "particule T", sau **tachioni**, din grecescul "ταχυς" care înseamnă repede. Dar -aşa cum ne reaminteşte Erasmo Recami- fizica s-a lovit de data aceasta de un neaşteptat obstacol: au apărut tot felul de "vindecători" cu capacităţi super-normale care au "pus stăpânire" pe tachioni şi vitezele supraluminice pentru a vindeca …orice! Şi nu o dată s-a întâmplat ca oameni loviţi de durere şi necaz să dea bani mulţi pentru ca prin intermediul tachionilor şi a capacităţii lor de a "purta" mesaje înapoi în timp, să ia contact cu cei dragi şi dispăruţi… În mare măsură, cercetările de acest tip au fost ameninţate cu totala discreditare.

Există însă -pot exista- particule, corpuri, care să se deplaseze cu viteze mai mari decât viteza luminii? A răspunde automat negativ ar însemna, conform plasticei imagini a lui Sudarshan (încă din 1972), să ne punem în situaţia unui demograf care privind munţii Himalaia dinspre India va spune cu siguranţă că nu există nici o populaţie la Nord de munţi pentru că nu are cum să-i traverseze! Şi este instructiv poate să ne amintim şocul prin care au trecut egiptenii obişnuiţi cu Nilul care curge de la Sud la Nord când au descoperit Eufratul care curge de la Nord la Sud: în aşa fel încât pe însăşi stela funerară a Faraonului Tutmes I s-a vorbit despre "râul care curge împotriva curentului"!

Oricât ar fi de tentant să reamintim toate aspectele şi toate problemele re-deschise de ideea particulelor cu viteze Superluminice, mă voi limita la comentariul lui Recami privind cea mai spectaculoasă dintre obiecţiile aduse: cea care spune că depăşirea vitezei luminii încalcă principiul cauzalităţii, adică face să apară efectul înaintea cauzei. Aceasta în condiţiile în care, obligaţi noi oamenii să ne deplasăm pe o singură direcţie şi într-un singur sens în timp, "vedem" în jurul nostru un univers populat cu particule "obişnuite", care se deplasează în sensul pozitiv al timpului, transportând cu ele energie pozitivă şi cu nişte "particule duale" (cum le numeşte Recami), antiparticulele, care se deplasează în sensul negativ al timpului, purtând însă cu ele energie negativă. Doar că **noi** le "transformăm" în particule care se deplasează tot în sensul pozitiv al timpului, atribuindu-le în schimb o sarcină electrică de semn contrar!

Un tachion T se deplasează între două puncte, A şi B. Cum este el văzut? Un observator **O** îl va vedea (îl poate vedea) ca T, emis de A şi absorbit de B; în acelaşi timp însă, un alt observator, **O'**, îl va vedea (îl va putea vedea) ca tachionul T', emis de B şi

absorbit de A, adică deplasându-se invers în timp şi purtător de energie negativă. Dar: putem aplica ceea ce se numeşte *principiul de reinterpretare* (care într-o formulare foarte simplificată spune că orice semnale trebuie privite ca purtate de obiecte înzestrate cu energie pozitivă) şi să ne gândim că, în fond, ceea ce văd cei doi sunt doi tachioni, O şi O', ambii deplasându-se înainte în timp! Şi principiul cauzalităţii? Nu este încălcat, cu condiţia să ne gândim că ceea ce pentru O sunt cauză şi efect (evenimentele din A şi B), sunt pentru O' efect şi cauză. Preţul pe care îl plătim (poate singurul, sau poate cel mai mare) este că nu mai putem considera noţiunile de cauză şi efect ca independente de observator!

12.2. „Vieţile paralele" ale Universului

Suntem singuri în Univers? Este Universul nostru singur? Aparent cel puţin, acest subcapitol nu are nici o legătură cu cel precedent. Prima întrebare este destul de veche şi s-au încercat până acum diferite răspunsuri - opinia multora este că deşi răspunsul poate fi afirmativ, nu avem încă la îndemână mijloacele pentru a efectua o investigaţie cu şanse reale de reuşită. Chiar dacă sunt implicate aici resurse importante, inclusiv celebrul program SETI - Search for ExtraTerrestrial Intelligence. A doua întrebare este mult mai nouă: deşi nu am reuşit încă să aflăm dacă suntem singuri în Univers, cercetătorii se întreabă dacă Universul însuşi este singur. Se lansează ipoteza unor misterioase sub-universuri care ar coexista cu noi, alături de noi şi în care ar putea exista inclusiv "dubluri" ale fiinţelor şi evenimentelor din lumea noastră. Să începem deci cu întrebarea directă: câte lumi există?

Doi fizicieni emit o ipoteză aproape stupefiantă (şi nu este vorba de reviste literare sau para-ştiinţifice!): Universul nostru conţine un număr infinit de alte universuri, numite "***O-regiuni***", cu care, consideră ei, am putea intra într-o zi în contact.

Cei doi autori, Alexander Vilenkin, Universitatea Tufts şi Jaume Garriga, Universitatea din Barcelona, care pregătesc un important articol asupra acestui subiect pentru Revista de Gravitaţie şi Cosmologie Cuantică, numesc acest concept "Mai Multe Lumi În Una". Începutul a fost de fapt făcut spre sfârşitul secolului 20, când americanul Alan Guth lansa ideea cunoscută sub numele de "scenariu inflaţionar": chiar la începutul existenţei sale, Universul nostru a fost supus, pentru un timp extrem de scurt, unei expansiuni formidabil de puternice, având drept rezultatul formarea aşa numitelor "neomogeneităţi" din Univers, de la aglomerările stelare, la roiurile de galaxii. Inclusiv existenţa unor universuri paralele cu al nostru. Ei bine, noua idee a lui Vilenkin şi Garriga este că această "inflaţie" ar fi produs încă şi mai mult, adevărate universuri, "ascunse" în interiorul propriului nostru univers, deci inaccesibile observaţiei directe. "Simpla idee duce la o serie de concluzii interesante şi tulburătoare". declara recent Alan Guth însuşi Agenţiei UPI, adăugând că îl admiră pe Vilenkin pentru claritatea cu care îşi expune ipoteza şi calificând noua teorie ca o provocare pentru mintea omenească.

Cel mai straniu aspect al ideii lor este legat de faptul că se introduc un fel de ...

zone rezervate. Problema majoră pe care o ridică "*O-regiunile*", exprimată în cuvinte cât se poate de simple, este legată de afirmaţia celor doi autori privind faptul că în aceste lumi paralele există "istorii", "vieţi", dacă preferaţi, cu totul asemănătoare vieţilor şi istoriilor noastre.

"Când îţi trece prin minte că ceva îngrozitor s-ar fi putut întâmpla -spune Vilenkin- poţi fi sigur că s-a şi întâmplat într-o altă O-regiune. Dacă tocmai ai reuşit să eviţi un accident aici, s-ar putea să nu fi fost tot atât de norocos într-o altă O-regiune, cu aceeaşi istorie cu O-regiunea noastră." Şi, pentru a schimba tonul şi a sublinia faptul că este vorba doar de nenorociri, tot Vilenkin "glumeşte" spunând că în alte O-regiuni există "copii" ale noastre care duc alte feluri de vieţi şi că poate foarte bine exista, de ce nu, o asemenea lume "în care Elvis Presley să trăiască încă şi Al Gore să fie preşedinte..."

Oricum, ipoteza lumilor multiple are, evident, profunde implicaţii filosofice. Iată-l în încheiere din nou pe Alan Guth: "Ştim că planeta noastră nu este decât un fir de praf într-un vast Cosmos, dar acum ni se spune că nu avem nici măcar *copyright*-ul propriilor noastre identităţi. De fapt, ni se spune că fiecare din noi suntem doar un exemplar dintr-o serie infinită de fiinţe absolut identice cu noi înşine."

Şi aşa, dintr-odată, îngrijorat că s-ar putea să fie singur în Univers, omul se poate trezi cu o problemă exact opusă, şi anume că ar "figura" de fapt în ...prea multe exemplare. Aflate în aceste O-regiuni, zone rezervate, în care accesul ne este interzis. Deocamdată.

Aşa că ceea ce ne rămâne pentru moment este examinarea în continuare a ceea ce aş numi

12.3 Ipoteza extraterestră

În 2015, **ESA** –Agenţia Spaţială Europeană- va lansa sonda spaţială **Darwin**, de fapt o adevărată flotilă de 8 sateliţi, având drept misiune identificarea unor planete asemănătoare Pământului, capabile deci să ofere condiţii pentru existenţa vieţii. Ca şi misiunea-pereche din 2011, **Lisa**, care va încerca să detecteze undele gravitaţionale, **Darwin** va face apel la tehnologii complet noi, care la ora când se scrie această carte nu au fost încă testate (cum ar fi senzori care să măsoare deplasări ale navelor de o zecime de milionime de milimetru sau controlul poziţiei navei cu o precizie de câteva miimi de milimetru). Există deci premize că în curând toate discuţiile şi controversele de până acum privind existenţa efectivă sau măcar posibilitatea de principiu a vieţii şi chiar a civilizaţiilor extraterestre să se poarte pe un fond de date observaţionale net superior celui de astăzi.

Există însă într-adevăr în Cosmos „parteneri-de-tip-uman" în alte lumi, „îmbrăcând" posibil forme de viaţă cu totul diferite de ceea ce ne putem imagina, nu doar de ceea ce ne imaginăm noi la ora actuală? Vreau să spun: este această existenţă una reală, nu doar una pe care o afirmăm în fond printr-o negaţie, când spunem „nu se poate să nu existe"?

În imposibilitatea de a da răspuns acceptabil la una din întrebările care revin frecvent: „dacă există, de ce nu ne-au semnalat până acum acest lucru şi/sau de ce nu au răspuns niciodată la semnalele noastre?", cei mai înfocaţi partizani ai ipotezei ET au ajuns chiar -ştire CETI şi New Scientist din 9 ianuarie 2002- au ajuns chiar să imagineze un fel de ...precursor al „traducătorului universal" tip Star Trek, trimiţând şi încercând

apoi să decodifice mesaje în care în mod voit au amestecat de la plecare 10% zgomot. Aceasta pentru a ne putea forma o imagine asupra modului în care un ET ar putea recepţiona şi considera un mesaj deformat, primit dintr-o sursă relativ nesigură. Sau, de ce nu, pentru a vedea noi înşine cum ar (re)ajunge un asemenea mesaj pe Pământ după o excursie cosmică mai mult sau mai puţin îndelungată.

Vom avea posibilitatea în volumul următor să ne oprim puţin mai mult asupra părţii de sci-fi a acestei indiscutabile aventuri şi a „semnelor" care au fost interpretate drept mesaje ET înainte şi după anul 1960, anul în care Frank Drake a inaugurat proiectul Ozma, prima încercare ştiinţifică de identificare a civilizaţiilor extraterestre, din care mai apoi s-a născut mult mai cunoscutul astăzi SETI. Aici aş vrea doar să vă reamintesc celebra, discutata (şi discutabila) ecuaţie Drake, care estimează numărul posibilelor civilizaţii extraterestre asemănătoare cu a noastră:

$$\mathbf{N = R^* \cdot f_s \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L}$$

După cum îşi aminteşte însuşi Frank Drake, a prezentat această ecuaţie încă din 1961, ca un fel de „agendă" în timpul unor discuţii la Observatorul din Virgina de Vest, unde se desfăşura Proiectul Ozma. Intenţia a fost să strângă într-o expresie cât mai simplă cam tot ce se putea considera factor relevant privind posibilii „parteneri extratereştri inteligenţi". Vă reamintesc deci semnificaţia factorilor:

N = numărul potenţial de civilizaţii inteligente, capabile de comunicare într-o galaxie; R* = rata de formare a stelelor în galaxie; f_s = numărul de stele care pot funcţiona ca sori pentru sisteme planetare; f_p = numărul de stele cu planete; n_e = numărul de "Pământuri" dintr-un sistem planetar- planete pe care se poate găsi apă; f_l = numărul planetelor de acest tip pe care se dezvoltă viaţa; f_i = numărul planetelor pe care există viaţă şi pe care există şi inteligenţă; f_c = numărul planetelor de acest tip capabile să fi dezvoltat o tehnologie suficientă ca să le permită lansarea de semnale în spaţiu; L – durata de viaţă a unor asemenea civilizaţii capabile de comunicare.

Sigur că în funcţie de alegerea numerică, ecuaţia Drake poate da rezultate extrem de diferite. Nu trebuie să uităm totuşi că numai în galaxia noastră avem aproximativ 400 miliarde de stele şi că aproximativ jumătate din ele sunt "sori" capabili să dezvolte sisteme planetare!

Aşa că …cercetările şi căutarea continuă. Iar dacă vă gândiţi la costuri, trebuie să ştiţi că cele două instituţii care sunt implicate, The Planetary Society (fondată de către Carl Sagan în 1980) şi SETI Institute folosesc o tehnologie radio destul de comună iar când fondurile pentru SETI au fost tăiate în 1993, economia făcută de NASA a fost de 0,01% din bugetul său , care cel puţin atunci, reprezenta 5% din cheltuielile Statelor Unite pentru apărare…

În fine: are, totuşi, vreo importanţă că suntem sau nu singuri în Univers? Dacă **nu** suntem singuri, are importanţă pentru că vom ajunge să realizăm că facem de fapt parte dintr-o adevărată Federaţie Cosmică (ceea ce, cum vă invit să vedem în volumul următor, generează probleme pe care le-aş numi "Asimov-tip-Fundaţia"); dacă **suntem** singuri, atunci importanţa este probabil şi mai mare. Pentru că nu împărţim cu nimeni răspunderile!

Cât de departe pot fi cei mai apropiaţi posibili parteneri de conversaţie ET ? Estimarea lui Carl Sagan pentru N a fost de 1 000 000, ceea ce ar însemna o medie de 100 de ani-lumină distanţă până la cele mai apropiate civilizaţii. Estimarea lui Drake a fost de numai 10 000 în Galaxia noastră, ceea ce înseamnă distanţe de 500-1000 de ani-lumină. Oricum, cam 1% din diametrul Galaxiei! Dacă socotim comunicările ca având loc cu viteza luminii, ar mai fi nevoie de încă 200 de ani pentru a primi primele răspunsuri la semnalele transmise de noi, în ipoteza că replica va fi imediată. Mult? Puţin? La scară istorică nu prea înseamnă nimic, dacă ne gândim că America a fost descoperită acum mai bine de patru secole şi că de abia acum comunicarea dintre continentele noastre se realizează practic instantaneu. Asta în ipoteza, repet, că tot ce ne putem imagina este o comunicare prin intermediul şi cu viteza luminii.

Oricum, schimbările radicale pe care le-au adus noile instrumente de observare şi "ieşirea" în acest scop în spaţiul cosmic, ne-au adus în ultimii 6 ani, peste 70 de planete extra-solare, posibili candidaţi la existenţa vieţii! Iar telescopul Kepler, unul din "urmaşii" lui Hubble, care va monitoriza începând din 2006 peste 100 000 de stele apropiate de noi, va schimba probabil încă şi mai dramatic imaginea noastră despre Cosmos. Pentru că el va reuşi ceea ce Hubble nu poate: observarea exo-planetelor de dimensiunea Pământului. Apoi, la sfârşitul primei decade a noului mileniu, va intra în funcţiune TPF – Terrestrial Planet Finder. Un nou telescop spaţial, folosind tehnici cu totul speciale pentru a "scăpa" de lumina prea puternică a stelei-soare, care face ca problema observării exo-planetelor să fie asemănătoare, cum se spune pe site-ul Web al ESA, "cu problema observării la o distanţă de 1000 Km a luminii unei lumânări aflate lângă un far." Efortul va fi uriaş, rezultatul va fi pe măsură. Pentru că din analiza acestei slabe lumini care ne vine de la planetele rotindu-se în jurul unor Sori asemănători, poate, cu Soarele nostru, vom putea avea informaţii fundamentale despre substanţele chimice din atmosfera planetei respective. Şi aici s-ar putea să identificăm pentru prima oară "semnătura" vieţii. A unei vieţi, a unor inteligenţe, care este foarte posibil să nu aibă nici un fel de legătură cu ceea ce cunoaştem noi pe Terra!

Şi atunci vom fi probabil pregătiţi pentru pasul următor: trimiterea la sfârşitul anilor 2020 a unui telescop spaţial în spaţiul interstelar. Care să ne aducă informaţia finală privind existenţa vieţii dincolo de marginile atât de strâmte, totuşi, ale Pământului.

12.4. Călătoria în timp

Acest subiect, pe care l-am lăsat la urmă „adună" probabil toate superlativele: dificil de tratat teoretic, ridicând dificultăţi aproape insurmontabile –tehnologice şi conceptuale- delicat de abordat chiar şi din punctul de vedere al fanteziei ştiinţifice şi în acelaşi timp plin de speranţe, mărturisite sau nu, pentru găsirea unor soluţii la o serie de probleme în faţa cărora civilizaţia noastră actuală se vede total neputincioasă. Un călător în timp ar putea oricând (?!?) face un salt în viitor pentru a veni cu o sugestie de inovaţie sau cu planurile unei instalaţii tehnice salvatoare, după cum o rapidă incursiune în trecut ar furniza clarificări şi răspunsuri la marile nedumeriri ale istoriei. Copleşiţi însă, chiar şi autorii sci-fi, de dificultăţile de concepere şi realizare a unui asemenea vehicul, oamenii şi-au dat seama că timpul reprezintă o noţiune, un concept ştiinţific, dificil ***în sine***:

Quid est tempus? Si nemo a me quaerat, scio, Si quarenti explicare velim, nescio ! *Ce este timpul? Dacă nimeni nu-mi cere să spun, ştiu,* *Dacă îmi cere să explic, nu ştiu!*	*Timpul nu este decât un gând pe care îl crezi că este mai multe* *Acelaşi timp pentru mai multe gânduri este spaţiul* *Timpul şi Spaţiul împreună sunt Cauzalitatea* *Din ele se naşte Lumea* *Din jurul nostru*
Sf. Augustin	*Proverb indian*

Fizicienii nu au putut deci evita "atracţia" unei asemenea discuţii şi au ajuns la un moment dat să analizeze în primul rând **plauzibilitatea** acestei întreprinderi. Ca şi în atâtea alte cazuri, cele care au "deschis" orizonturile discuţiei au fost tot Teoriile Relativităţii ale lui Einstein. Călătoria în viitor este, într-un fel …"acolo": este suficient să te deplasezi cu viteze apropiate de viteza luminii pentru a reveni într-un viitor, de doar câteva secunde sau de câţiva ani. Tot aici găsim şi primele sugestii practice de deplasare temporală – găurile negre, "relicvele" colapsului stelar- cenuşa lor este o adevărată "otravă gravitaţională" care deformează spaţiul şi timpul, deschizând adevărate "culoare" de deplasare spaţio-temporală. Având în vedere că această carte se menţine strict în domeniul cercetărilor ştiinţifice, voi amâna pentru volumul următor prezentarea unora dintre ideile şi vehiculele proiectate de anticipaţia ştiinţifică şi de data aceasta vă voi aminti doar că probabil prima formă elaborată –implicit!- de un om de ştiinţă pentru un vehicul temporal este cea sugerată implicit în 1963 de către matematicianul neo-zeelandez Roy Kerr. Acesta este cel care a găsit o soluţie a Ecuaţiilor lui Einstein din Relativitatea Generală pentru o gaură neagră care se roteşte. Ceea ce se şi numeşte "Soluţia Kerr", implicând formarea unei singularităţi inelare în centrul găurii negre aflate în rotaţie, este un exemplu matematic de maşină a timpului. Pentru că, **în principiu**, este posibil să "plonjezi" printr-o asemenea zonă, spre alte regiuni spaţio-temporale. Soluţia Kerr cuprinde posibilitatea existenţei fizice a unui tunel interior, atât de instabil totuşi, încât cea mai mică perturbaţie l-ar bloca şi transforma într-o singularitate fizică care ar deveni apoi o barieră făcând imposibilă trecerea vreunui obiect prin ea.

Aşa numitele "punţi Einstein-Rosen", mai cunoscute sub numele de "găuri de vierme", ***wormholes***, constituie posibilităţi teoretice de deplasare în timp, doar că ele ridică problema creării lor, implică parametri fizici ale căror valori sunt imposibil de luat în consideraţie astăzi. Şi atunci, nu este cumva cazul să ne întrebăm dacă dincolo de fanteziilor ştiinţifice are vreo relevanţă să ne preocupe asemenea probleme cum sunt posibilitatea efectivă a călătoriei în timp şi realizarea practică a unei maşini a timpului?

Mă limitez la a vă prezenta pe scurt o soluţie propusă de Prof. Ronald Mallett, deţinătorul unei catedre de fizică teoretică la Universitatea Connecticut, aşa cum a fost ea mediatizată în luna mai 2001. Punctele principale:

- gravitaţia curbează spaţiul şi timpul, "le îndoaie". Mai precis spus, orice are masă sau energie le distorsionează, la un nivel calculabil prin rezolvarea ecuaţiilor relativităţii generale;
- dacă o masă suficient de mare este pusă în mişcare de rotaţie, efectul său va fi antrenarea în această mişcare a spaţiului şi a timpului, cu atât mai puternic cu cât masa şi viteza de rotaţie sunt mai mari (dacă punem frişcă într-o cană cu cafea şi amstecăm cu o linguriţă, frişca se ridică pe pereţi – cam aşa se întâmplă aici);

- ducând până la capăt această idee, ne putem imagina că în final timpul "îşi pierde linearitatea", ajunge să fie "îndoit" sub forma unei bucle (existenţa unor bucle închise de timp fusese prevăzută teoretic de Kurt Gödel încă din 1949. Mai târziu, Kip Thorne de la California Institute of Technology a propus utilizarea găurilor de vierme pentru a construi aceste bucle închise). Trebuie spus că dacă, aşa cum şi afirmam mai sus, condiţiile de astăzi din Univers fac practic imposibil chiar şi de gândit asemenea realizări practice, cu totul se petreceau lucrurile în stadiile de început ale aceluiaşi Univers, când asemenea fenomene erau probabil curente;
- Ronald Mallett foloseşte în acelaşi scop lumina, care şi ea are proprietatea de a îndoi spaţiul şi timpul (Physics Letters A, 2000, vol. 269, pag. 214). El imaginează două fascicule de lumină care circulă în sens invers: la o intensitate luminoasă suficientă, în interiorul fasciculului, timpul a fost rulat în jurul său însuşi, în timp ce un observator extern îl va "recepţiona" sub formă de spaţiu! Ca atare, va putea …păşi în el (pe el, dacă preferaţi) şi să se deplaseze înspre ceea ce pentru un observator extern înseamnă trecut. După care, dacă vrea, poate ieşi din cerc şi …să se întâlnească cu el însuşi înainte de a fi intrat;
- probleme: 1) energia necesară pentru a crea o buclă de timp este enormă – soluţia poate fi găsită în faptul că distorsionările spaţiu-timpului sunt cu atât mai puternice cu cât viteza luminii este mai mică, lucru, cum am mai spus, realizabil experimental în momentul de faţă! 2) o maşină a timpului funcţionând într-un univers real (al nostru, de pildă) ar deveni un amplificator al fluctuaţiilor cuantice (s-ar crea evident un domeniu în care relativitatea şi mecanica cuantică s-ar amesteca) şi chiar şi "simplul" act de a urca în maşină sau coborî, ar putea-o distruge, împreună cu călătorul; 3) şi, în fine (aşa, ca să nu lungim peste măsură lista), reapare problema imposibilităţii afectării istoriei prin intervenţia în evenimente a unui călător temporal. Aici însă va funcţiona probabil aşa numitul "principiu al protecţiei cronologice" enunţat de Hawking, care tocmai un asemenea lucru îl face imposibil;
- unde putem călători şi cât de departe? În trecut şi doar atât de departe cât să întâlnim punctul (momentul de timp) când a fost realizată prima buclă temporală. Apoi, alţi călători au acces la timpul nostru doar în măsura în care maşina timpului este conectată. După cum se vede, un mod simplu de a explica de ce până acum nu am avut nici un fel de vizitatori temporali…

Mă voi opri aici, lăsând ca şi mai înainte pentru volumul următor alte câteva discuţii care sunt foarte tentante dar îşi găsesc mai bine locul într-un context sci-fi al unor astfel de probleme.

12.5. Dincolo de viitor

Şi, pentru că trebuie să închei totuşi, vă rog să mă lăsaţi să vă amintesc câteva fraze care mă ajută să pun în perspectiva cea mai potrivită aproape tot ce am discutat până acum.

"Oamenii de ştiinţă învaţă chiar de la începutul carierei lor că este total inutil să încerci să imprimi modul în care ei se întâmplă să gândească asupra naturii însăşi."

Fred Hoyle: De la Stonehenge la Cosmologia modernă

"Dumnezeu nu doar că joacă zaruri. Uneori chiar le aruncă acolo unde nu pot fi văzute"

Stephen Hawking, 1975

"Dacă nu ai fi animat de dorinţa de a descoperi legi, ele ar scăpa deseori atenţiei celei mai perspicace",

Gay-Lussac, Annalles de Chimie et de Physique, 1916

"Există o înţelepciune secretă care face ca fenomene separate între ele să fie numite cu cuvinte asemănătoare"

Umberto Eco, "Numele Trandafirului"

"Un nou tip de gândire este esenţial dacă este ca omenirea să supravieţuiască şi să se deplaseze spre nivele superioare"

Albert Einstein, titlul unui interviu acordat la 23 iunie 1946

"Problema nu este că nu pot vedea soluţia. Problema este că nu pot vedea problema."

G.F.K. Chesterton, "Scandalul Părintelui Brown"

"Nici nu te-aş recunoaşte dacă nu te-aş întâlni, răspunse Coco-Cocou posac, întinzându-i un deget. Prea semeni aidoma cu toată lumea"

Lewis Caroll, "Alice în Lumea Oglinzii"

"Acolo totul este adevărat, nimic nu este exact"

Maurice Barrés, 1925

Şi, în fine, un dialog care a tulburat puternic spectatorii care acum 20 de ani mergeau la teatru să vadă piesa lui **Adrian Dohotaru**, intitulată „Insomnie”:

”Secretarul de partid: Pentru mine lucrurile erau clare. La început a fost Comuna Primitivă. După ea a venit Sclavagismul, apoi feudalismul, apoi Capitalismul. Acum trăim în socialism şi ştim că va veni epoca luminoasă a Comunismului..”.

”Arhitectul: Şi ce s-a schimbat între timp?”

”Secretarul de partid: Nu ştiu. Am început să mă întreb: dar după comunism, ce va veni?”

****

Ce va veni după acest viitor pe care Fizica începutului de ani 2000 îl întrevede? Oamenii, de cele mai diverse profesii, de cele mai diverse destine, la ale căror gânduri am apelat în alternativa pe care am ales-o pentru a încheia cartea, au fost deseori tulburaţi de tot felul de lucruri care ţin de structura şi, de ce nu, de soarta acestei lumi – inclusiv a Universului. Unii spun că este posibil ca după viitor, nu neapărat imediat, poate la o distanţă suficient de mare, să urmeze trecutul. Chiar dacă va avea o formă pe care concetăţenii noştri din viitor nu o vor recunoaşte cu uşurinţă. De aceea, la început de secol XXI, când Fizica se pregăteşte pentru confruntarea cu ceea ce s-ar putea să fie ultima frontieră efectivă pusă în calea oamenilor de pe Terra, cred că întrebările din acest capitol rămân efectiv întrebări pentru altădată...

*

* *

Viaţa, ca o umbră ce se pierde de îndată ce...

...cel care vorbea este uriaşul negru Umbopa. Cei cărora Umbopa le vorbea sunt Sir Henry Curtis, Căpitanul Good şi Mr. Allan Quatermain, care, la rândul său ne povesteşte nouă, în 1885, toate aceste lucruri. În momentul când Umbopa le pune

întrebarea de mai jos, cei patru se pregăteau pentru a porni la traversarea deşertului în drumul lor spre descoperirea Minelor lui Solomon...

„Ascultaţi! Ce este viaţa? Este o pană, este o sămânţă de iarbă suflată de vânt ici şi colo, uneori înmulţindu-se singură şi murind în timp ce se înmulţeşte, alteori purtată până în înălţimile cerului. Dar dacă este ca sămânţa să fie bună şi grea, se poate să călătorească puţin pe drumul pe care şi-l doreşte. Este bine să vrei şi să călătoreşti pe drumul tău şi să te lupţi cu aerul. Omul trebuie să moară. Cel mai rău ce i se poate întâmpla este să o facă puţin mai devreme. Voi veni cu voi prin deşert şi peste munţi, dacă nu cumva, tată, voi cădea la pământ pe drum <...> Ce este viaţa? Spuneţi-mi, o, oameni albi, care sunteţi înţelepţi şi cunoaşteţi secretele lumii şi lumea stelelor şi lumea care se află deasupra stelelor şi împrejurul lor; voi care faceţi să strălucească cuvintele voastre de departe fără nici un glas care să le rostească – încotro se îndreaptă ea şi de unde vine! Nu îmi puteţi răspunde; nu ştiţi. Ascultaţi, vă voi răspunde eu. Din întuneric am venit şi în întuneric ne ducem. Ca o pasăre mânată de furtună ieşim în zbor din Nicăieri; pentru o clipă aripile noastre sunt văzute în lumina focului şi, vai! Am şi dispărut la loc în Nicăieri. Viaţa nu este nimic. Viaţa este totul. Este mâna cu care ţinem la distanţă Moartea. Este licuriciul care străluceşte pe timp de noapte şi este negru dimineaţa; este respiraţia albă a boilor iarna, este mica umbră care aleargă pe deasupra ierbii şi se pierde de îndată ce soarele se află la apus.”